



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Química e Ingeniería Química

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

**“Aprovechamiento de residuos agroindustriales de
cáscara de huevo como insumo para la elaboración de
pintura látex de color”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR

Pedro Noé Ricardo BURGA JACOBI

ASESOR

Leoncio REYNA MARIÑAS

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Burga, P. (2018). *“Aprovechamiento de residuos agroindustriales de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color”*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
Central: 619 7000 anexos 1202, 1203, 1205, 1206, 1207 Telefax: 1209, 1218
Ciudad Universitaria - Av. Venezuela s/n - Lima 1

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"
"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

A C T A DE TITULACION POR TESIS

Los suscritos Miembros del Jurado nombrados por la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, bajo la Presidencia del Mg. CESARIO CONDORHUAMÁN CCORIMANYA (Presidente), el Ing. MIGUEL EDGARDO VERA VÁSQUEZ (Miembro) y el Ing. LEONCIO REYNA MARÍÑAS (Asesor), habiendo presentado para el efecto la TESIS, titulada "APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE HUEVO COMO INSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE PINTURA LÁTEX DE COLOR", después de SUSTENTADA Y APROBADA LA TESIS elaborada por el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: PEDRO NOÉ RICARDO BURGA JACOBI, para optar el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL, acordando calificarlo con la NOTA de:

DIECIOCHO
(LETRAS)

18
(NÚMEROS)

Lima, 23 de julio del 2018

Mg. Cesario Condorhuaman Ccorimanya
Presidente

Ing. Miguel Edgardo Vera Vásquez
Miembro

Ing. Leoncio Reyna Mariñas
Asesor

Ph.D. Jorge Ernesto Guevara Vasquez
Director de la EP de Ingeniería Agroindustrial



A Dios por acompañarme en toda esta etapa con su sabiduría, colocando en mi camino a las personas indicadas según su voluntad.

¡Gracias amigo!

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas e Instituciones que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo.

Quiero empezar agradeciendo a mi alma mater, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos “Decana de América” por haberme dado la oportunidad de formar parte de su excelencia académica.

Al Ingeniero Reyna, asesor de la presente tesis por su inmensurable apoyo, confianza y por sus constantes felicitaciones que me motivaron a seguir investigando. Agradecerle también por su real compromiso durante todas las etapas de la presente tesis, realmente un profesional con todas sus letras.

Quisiera agradecer de una manera muy especial al Ing. Luis Figueroa Ramos porque me animó a continuar con mi investigación, además agradecerle por los consejos especializados en el tema de pinturas y el permiso para realizar mis pruebas finales en el laboratorio de la empresa Lar Paint.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por sus conocimientos y experiencias compartidas con mi persona durante cinco años de estudio y de la misma manera expresar mi gratitud con el profesor Zavala por apoyarme en las pruebas de tamizado, por las buenas conversaciones y por ser un ejemplo comprobado de apoyo a los estudiantes de nuestra facultad. De la misma forma, quisiera reconocer al Sr. Villalobos por permitirme el ingreso a las instalaciones de la Planta Piloto y por su compromiso con todos los tesisistas.

En particular me gustaría dar las gracias al Ing. Stechina de la Universidad Nacional de Entre Ríos, a la Ing. María Solé del INTI, al Ing. Lucas Brun de la Universidad Nacional de Rosario y al Ing. Carlos Guanche por haber tenido la gentileza de compartir más detalles de sus investigaciones vía correo electrónico y por ser un ejemplo a seguir en el mundo de la ciencia.

Asimismo, estoy en deuda con mis compañeros de trabajo del Centro de Producción Tottus, Melchor, Gonzalo, Julián, William por haberme ayudado con la recolección de muestras de cáscara de huevo, ya que sin ello no hubiera sido posible la realización de esta investigación. También a agradecerle a la Jefa del Área, a la Ing. Silvia Matayoshi por su autorización y a mis compañeros del Área de Calidad.

Finalmente a lo más importante para mi vida, mi Madre Gloria Jacobi por darme fuerzas, por ser el motivo principal del esfuerzo realizado en esta investigación, a mi padre Noé Burga por brindarme siempre serenidad y enseñarme con hechos que todo es posible, a mi hermanita Gloria Denis por ayudarme a recolectar las evidencias de fotos y videos del presente trabajo y por todo su cariño hacia mí. No está de más mencionar a mi adorada conejita Rabiosa por ser mi amuleto de la suerte durante estos años y enseñarnos lo más sencillo de la vida. Simplemente los amo y así será siempre y para siempre!

En general, a todas y cada una de las personas que me acompañaron en este camino de formación profesional y ejecución de mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN	4
CAPITULO I	
REVISIÓN DE LA LITERATURA	6
1.1 Antecedentes	6
1.2 Recopilación histórica de la materia prima utilizada	9
1.2.1 Residuos agroindustriales.	9
1.2.1.1 Generalidades y definiciones	9
1.2.1.2 Problemática de la generación de residuos agroindustriales	10
1.2.1.3 Principales residuos agroindustriales en el Perú.	11
1.2.2 Cáscara de huevo	12
1.2.2.1 Componentes estructurales de cáscara de huevo.....	12
1.2.3 Generación de residuos de cáscara de huevo	18
1.2.3.1 Situación mundial.....	18
1.2.3.2 Situación nacional.	19
1.2.4 Ejemplos de aprovechamiento de cáscara de huevo	21
1.2.5 Pintura y recubrimientos.	23
1.2.5.1 Generalidades y definiciones	23

1.2.5.2 Componentes de una pintura.	23
1.2.5.3 Tipos de pintura.	42
1.2.5.4 Pintura látex.	42
1.2.5.5 Etapas de fabricación de una pintura.	43
1.2.5.6 Defectos de pinturas en el sustrato.	44
1.2.5.6 Algunos análisis para el control de calidad en pinturas	45
HIPÓTESIS	47
CAPITULO II	
MATERIALES Y MÉTODOS.	48
2.1 Aspectos Generales.	48
2.1.1 Tipo de investigación	48
2.1.2 Lugar y tiempo	48
2.2 Diagnóstico situacional	48
2.2.1 Materiales, Reactivos, Equipos e Instrumentos.	49
2.3 Presupuesto del proyecto	51
2.4 Metodología	52
2.4.1 Caracterización de cáscara de huevo y verificación del contenido de CaCO_3	52
2.4.1.1 Determinación de porcentaje en masa de los componentes estructurales de cáscara de huevo recolectada	52
2.4.1.2 Determinación de humedad en muestras de cáscara de huevo.	52
2.4.1.3 Determinación de densidad de las muestras de cáscara de huevo	53
2.4.1.4 Determinación de color de cáscara de huevo.	53
2.4.1.5 Determinación del porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo.	54
2.4.2 Análisis granulométrico de cáscara de huevo molida.	57
2.4.2.1 Determinación de tamaño promedio para las muestras de cáscara de huevo molida	58
2.4.3 Análisis fisicoquímicos para pintura látex de color	59
2.4.3.1 Determinación de tiempo de secado	59
2.4.3.2 Determinación del poder cubriente por NTP ISO 6504-1:2011	59
2.4.3.3 Determinación de la viscosidad	60

2.4.3.4	Determinación de color de la pintura látex	61
2.4.3.5	Determinación de densidad por el método de la probeta	61
2.4.3.6	Metodología para las pruebas cualitativas	62
2.5	Trabajo experimental	63
2.5.1	Procedimiento experimental.....	63
2.5.2	Diseño experimental.....	65
2.5.2.1	Variables y factores del diseño experimental.....	66
2.5.2.2	Tratamientos evaluados.....	67
2.5.3	Formulaciones de pintura látex elaboradas.	68
2.5.4	Análisis de la información.....	68
2.5.5	Parámetros evaluados en el procedimiento.	69
CAPITULO III		
RESULTADOS.....		72
CAPITULO IX		
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.		88
CAPITULO X		
CONCLUSIONES		94
RECOMENDACIONES.....		95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		96
ANEXOS.....		102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de mineral y materia orgánica de cáscara de huevo	18
Tabla 2. Costos del proyecto de investigación	51
Tabla 3. Variables y factores del diseño experimental	66
Tabla 4. Tratamientos evaluados en la experimentación	67
Tabla 5. Formulación 1 realizada para el tratamiento B	68
Tabla 6. Formulación 2 realizada para el tratamiento C.	68
Tabla 7. Masa promedio y porcentaje de los componentes estructurales de la cáscara de huevo	72
Tabla 8. Densidad y humedad de la cáscara de huevo recolectada.....	73
Tabla 9. Promedio de coordenadas de color en muestras de cáscara de huevo	73
Tabla 10. Porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo	74
Tabla 11. Rendimiento de secado para muestras de cáscara de huevo	76
Tabla 12. Porcentaje de retenido y pasante para el análisis granulométrico de cáscara de huevo molida.....	77
Tabla 13. Valores para determinar el tamaño promedio de cáscara de huevo molida.	79
Tabla 14. Masas obtenidas en el Flujo de proceso.....	79
Tabla 15. Resultados promedios de tiempo de secado para tratamiento evaluados.....	80
Tabla 16. Resultados promedios de poder cubriente para tratamiento evaluados	81
Tabla 17. Resultados promedios de color en coordenadas R,G,B	81
Tabla 18. Resultados promedios de viscosidad en los tratamientos evaluados.	82
Tabla 19. Resultados de densidad para tratamientos evaluados	82
Tabla 20. Resultados de ANOVA unifactorial para cada variable respuesta	83
Tabla 21. Prueba de Tuckey para la comparación de tratamiento dos a dos	84
Tabla 22. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis	84
Tabla 23. Pruebas de comparaciones múltiples para variables respuestas viscosidad, densidad y poder cubriente.....	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de ilustración de cáscara de huevo.....	13
Figura 2. Ubicación y estructura de las membranas testáceas del huevo	16
Figura 3. Generación de cáscara de huevo en el Perú (2001-2015)	20
Figura 4. Composición de un recubrimiento.....	23
Figura 5. Deformación de las partículas en emulsión y en dispersión.....	24
Figura 6. Formación de la película seca.....	26
Figura 7. Situación del PVC respecto al CPVC.....	28
Figura 8. Mecanismo de formación de un film por coalescencia	29
Figura 9. Ejemplo de curva granulométrica para una carga	32
Figura 10. Ejemplo de reporte granulométrico para cargas usadas en pinturas.....	32
Figura 11. Tipos de ordenamiento para partículas esféricas y laminares	33
Figura 12. Influencia de las cargas en la pintura	34
Figura 13. Efecto del I.R de pigmentos blancos en el poder cubriente.	36
Figura 14. Pigmentos y cargas naturales e inorgánicas más usadas en pinturas.....	36
Figura 15. Morfología cristalina de cáscara de huevo	37
Figura 16. Tamaños de partícula del carbonato de calcio comercial.....	38
Figura 17. Etapas de la dispersión en la elaboración de pinturas.....	43
Figura 18. Modelo de color RGB	46
Figura 19. Determinación de humedad de cáscara de huevo.....	52
Figura 20. Método de probeta para el cálculo de densidad de cáscara de huevo	53
Figura 21. Determinación de coordenadas de color con el aplicativo Color Grab.	54
Figura 22. Método de vía húmeda para análisis granulométrico	57
Figura 23. Medición de la viscosidad con el viscosímetro Rotativo	60
Figura 24. Determinación de color en tratamientos evaluados	61
Figura 25. Secado de muestras de cáscara de huevo	70
Figura 26. Curva de secado para determinar el tiempo óptimo	75
Figura 27. Curva de secado para muestras de cáscara de huevo	76
Figura 28. Curva granulométrica % Retenido vs abertura (μm)	78
Figura 29. Curva granulométrica % Acumulado pasante vs abertura (μm)	78
Figura 30. Resultados de la prueba cualitativa de la pintura en el sustrato	86
Figura 31. Resultados de la encuesta	87

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Factor de corrección para Normalidad corregida.	54
Ecuación 2. Normalidad corregida de NaOH.	55
Ecuación 3. Normalidad corregida de HCl.	55
Ecuación 4. Masa del carbonato de calcio de cáscara de huevo	56
Ecuación 5. Porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo.	56
Ecuación 6. Tamaño promedio de cáscara de huevo molida	58
Ecuación 7. Tamaño medio de partículas retenidas en el tamiz malla “n” (μm)	58
Ecuación 8. Ecuación para determinar el rendimiento del secado	70
Ecuación 9. Ecuación para determinar el rendimiento global del procedimiento.....	71

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de huevo “La Calera”	102
Anexo 2. Diagrama de Flujo del procedimiento	104
Anexo 3. Generación de residuos de cáscara de huevo de la empresa industrial.	106
Anexo 4. Fotos del procedimiento experimental Parte I.....	107
Anexo 5. Fotos del procedimiento experimental Parte II	108
Anexo 6. Estandarización de HCl y NaOH.....	109
Anexo 7. Foto de la titulación inversa para determinar el % de CaCO_3 de cáscara de huevo.	110
Anexo 8. Ejemplo de cálculo para el Factor de corrección	111
Anexo 9. Valores resultantes en valoración de NaOH y HCl	112
Anexo 10. Ejemplo de cálculo para $W_{\text{CaCO}_3(\text{Cas.H})}$ y $\%\text{CaCO}_3(\text{Cas.H})$	112
Anexo 11. Partes del Separador de membrana.....	113
Anexo 12. Datos técnicos del compresor y hélice del separador de membrana	114
Anexo 13. Comportamiento de la temperatura en el secado.....	114
Anexo 14. Datos para la elaboración de la curva de secado de cáscara de huevo	115
Anexo 15. Resultados obtenidos en el tamizado de cáscara de huevo molida.	116
Anexo 16. Datos para determinar las curvas granulométricas	116
Anexo 17. Tabla de equivalencias para designación ISO y AST	117
Anexo 18. Ejemplo de cálculo para determinar el tamaño promedio de cáscara de huevo molida en micrómetros	118
Anexo 19. Ejemplo de cálculo para determinación de Rendimiento global y porcentaje de recuperación	118
Anexo 20. Procedimiento de elaboración de pintura látex	119
Anexo 21. Preparación de superficie para pruebas cualitativas	120
Anexo 22. Muestras para análisis de color.....	120
Anexo 23. Resultados de coordenadas de color en RGB para los tratamientos evaluados.....	121
Anexo 24. Medición de densidad bajo el método de la probeta para tratamientos A, B y C..	121
Anexo 25. Características técnicas del aplicativo Color Grab TM versión 3.6.1	122

Anexo 26. Coordenadas de color determinados por el aplicativo Color Grab para muestras de cáscara de huevo	123
Anexo 27. Coordenadas de color determinados por el aplicativo Color Grab en tratamientos de pintura.	124
Anexo 28. Mediciones de viscosidad realizadas con el Viscosímetro rotativo marca Quimis.....	125
Anexo 29. Foto del investigador en el Laboratorio de Analítica	125
Anexo 30. Cartilla de evaluación utilizada para determinar el poder cubriente	126
Anexo 31. Cartilla de evaluación utilizada para determinar el tiempo de secado	127
Anexo 32. Molino eléctrico Y800.....	128
Anexo 33. Informe de resultados de tiempo de secado y poder cubriente	129
Anexo 34. Ficha técnica del espesante utilizado en la formulación de tratamientos	131
Anexo 35. Ficha técnica del dióxido de titanio utilizado en la formulación de tratamientos .	132
Anexo 36. Ficha técnica de la resina utilizada en la formulación.....	133
Anexo 37. Ficha técnica de la pintura patrón marca TAMSA	134
Anexo 38. Encuesta desarrollada para la evaluación de paneles en el sustrato	135
Anexo 39. Gráfico de probabilidad normal de los errores para viscosidad	136
Anexo 40. Gráfico de probabilidad normal de los errores para densidad	136
Anexo 41. Gráfico de probabilidad normal de los errores para tiempo de secado	137
Anexo 42. Gráfico de probabilidad normal de los errores para poder cubriente	137
Anexo 43. Gráfico de probabilidad normal de los errores para R G B (color)	138
Anexo 44. Gráfico de errores vs estimados para verificación de supuestos de Anova.....	139
Anexo 45. Prueba de Bartlett de igualdad de varianzas para las variables respuestas.....	140
Anexo 46. Estadísticos descriptivos de las variables respuestas.....	140

RESUMEN

La cáscara de huevo es considerada como un residuo agroindustrial que genera un impacto negativo en el medio ambiente ocasionado por el crecimiento de la industria de ovoproductos y por una mala gestión de residuos. Por dicho motivo, la presente investigación tuvo como propósito aprovechar los residuos de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color para proponer una solución social, ambiental y técnica. El trabajo experimental se desarrolló en la Planta Piloto de Alimentos de la UNMSM, donde en primera instancia se recolectaron 28.73 kg de cáscara de huevo procedentes del Centro de Producción Tottus, las cuales pasaron por un proceso de separación de membrana proteica para luego ser secadas a 55.3 ° C por 100 minutos. Luego, las muestras secas fueron molidas con un molino eléctrico Y800 por 1 minuto a una velocidad de 34000 RPM, enseguida dicho producto fue separado con un tamiz de abertura de malla 325 y posteriormente se formuló la pintura látex. En la investigación se comparó el tratamiento patrón A (pintura látex marca TAMSA) con un tratamiento B que contiene 32.60 % de CaCO_3 de cáscara de huevo y TiO_2 al 4.89% y con un tratamiento C formulado con 34.28 % de CaCO_3 de cáscara de huevo. Asimismo, se evaluó las características fisicoquímicas de viscosidad, densidad, poder cubriente, tiempo de secado, color en coordenadas R, G, B para cada tratamiento y el aspecto cualitativo mediante la aplicación en un pared de concreto. Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico fueron analizados con el software estadístico Minitab v.14 con un nivel de significancia de 0.05 y mediante la aplicación del modelo estadístico Anova unifactorial completamente aleatorizado, una prueba de confirmación y una prueba de comparaciones múltiples para identificar en que tratamientos existen diferencias significativas. En los resultados se verificó que la cáscara de huevo contiene 90.37 ± 0.97 % de carbonato de calcio, además el análisis granulométrico confirmó que este carbonato presentó un tamaño de partícula menor a 45 μm apto para ser utilizado en pintura látex de color. Finalmente, los resultados del análisis estadístico determinaron que el tratamiento B no presenta diferencias significativas con el tratamiento patrón.

Palabras claves: *Residuo agroindustrial, cáscara de huevo, carbonato de calcio, pintura látex.*

INTRODUCCION

No hay duda de que el aumento de la población, sus hábitos de consumo y el auge de la industria ha llevado consigo la generación de diversos tipos de residuos. Esta generación de residuos está siendo incrementada por una sociedad orientada al derroche, es decir con una perspectiva de producir, consumir y descartar la cual forma parte de la cultura de nuestro país causada por una baja educación ambiental.

Por otro lado, se conoce que dentro de las actividades que generan mayor cantidad de residuos está el sector agroindustrial, el cual en el Perú juega un rol importante para fomentar un cambio de la perspectiva mencionada. En consecuencia, la agroindustria no solo debe ser valorada por su capacidad económica y productiva sino también debe ser valorada por su capacidad para incentivar una economía circular que asegure recursos de manera sostenible para futuras generaciones.

Dentro de los ejes de mayor influencia para la agroindustria, se encuentra el sector de ovoproductos que en los últimos años ha generado un aumento significativo de su producción sin embargo, este crecimiento no ha ido a la par con el desarrollo de mecanismos para una correcta gestión de residuos. Debido a ello, para el presente año se generan miles de toneladas de cáscara de huevo que no son aprovechadas generando múltiples problemas.

Adicionalmente, es crucial recalcar que los residuos de cáscara de huevo tienen un gran valor debido a su alto contenido de carbonato de calcio y proteínas situadas en su membrana. Estos componentes convierten a la cáscara de huevo en una alternativa real de aprovechamiento, que aportarían ventajas comparativas y competitivas a muchas empresas que apuntan a un mercado en el cual los clientes reconocen la calidad ambiental de los productos.

El presente trabajo tratará sobre la aplicación y recuperación de los residuos de cáscara de huevo en la fabricación de pintura látex debido al contenido de carbonato de calcio, el cual en la industria de pintura es usado como pigmento de relleno o también llamado carga.

Por tal motivo los objetivos del presente trabajo de investigación son:

Objetivos:

Objetivo general

- Aprovechar los residuos de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color.

Objetivos específicos

- Verificar que los residuos de cáscara de huevo tengan un contenido de carbonato de calcio adecuado para ser usado como insumo para pintura látex de color.
- Obtener el carbonato de calcio de los residuos de cáscara de huevo con un tamaño partícula menor a 45 μm .
- Determinar si una pintura látex de color formulada con carbonato de calcio de cáscara de huevo presenta características fisicoquímicas y cualidades similares a una comercial.

Justificación del proyecto de tesis

Ámbito social

La presente tesis buscará fomentar el desarrollo de nuevas investigaciones en el campo del aprovechamiento de residuos agroindustriales y promoverá un cambio de la perspectiva “producir, consumir y desechar” que actualmente es adoptada por una gran mayoría de empresas agroindustriales en el Perú. De otra forma, se estima que el 95 % de la basura generada en nuestro país terminan en botaderos (Huiman, 2016). Esta deficiente gestión de residuos genera una alta proliferación de insectos que son vectores de enfermedades potenciales, por esta razón el presente proyecto intentará impulsar una nueva alternativa que fortalezca políticas de manejo de residuos para que puedan ser aplicadas en instituciones públicas y privadas bajo el enfoque de responsabilidad social. En otro orden de ideas, el desarrollo de esta investigación es relevante para el pujante sector de ovoproductos de nuestro país, ya que según Huayta, F. Y Álvarez, E. (2016) este tipo de empresas gastan cientos de miles de soles en contratar EP-RS para que se encarguen de traslado y tratamiento de toneladas de cáscara de huevo perdiendo de esta manera la oportunidad de destinar estos recursos a la implementación de nuevas tecnologías. Asimismo, los procedimientos propuestos en el proyecto de tesis generarán nuevos puestos de trabajos en actividades de recolección, selección y tratamiento y con ello promocionará una economía circular.

Ámbito ambiental

Para Francis & Rahman (2016), la cáscara de huevo es considerada como un residuo peligroso por la UE. Bajo este conocimiento y tomando como base los datos presentados por Contreras, S., Gutierrez, N y Osorio, L. (2017) se pudo estimar que en el Perú se generaron 41.5 mil toneladas de cáscara de huevo en el año 2017 y que en Lima Metropolitana esta generación equivalió a 12 450 toneladas, es decir un 28.4% del total.

Debido a ello, la presente tesis es conveniente para reducir el impacto ambiental negativo de esta generación ya que si solo el 2% de este residuo fuera aprovechado en Lima (249 t/año) bajo un proyecto de sustitución y en un periodo de 2 a 3 años se obtendría una reducción de 2.05 t de CO₂/año responsable del efecto invernadero, una disminución del uso 12.72 millones L/año de agua y un ahorro de energía de 2.54 millones Kwh/año que representan un ahorro económico para el sector empresarial. Estos datos fueron extrapolados en base a las estimaciones y resultados del proyecto presentados por Eggnovo (2016) y Sádaba (2017), quienes midieron la mencionada huella de carbono al reemplazar al CaCO₃ de cantera por el CaCO₃ de la cáscara de huevo.

Ámbito tecnológico

El problema de investigación surge además porque el sector industrial de pinturas está constantemente buscando materias primas sustitutas e innovadoras por ejemplo en la investigación presentada por Flores, S. (2017) busca obtener resinas alquílicas a partir de sachu inchi por su alto grado de insaturación. En relación a esto último, la presente tesis pretende obtener un insumo de calidad aceptable que será útil para ser usado como pigmento de relleno en la elaboración de pintura látex de color y podrá ser alternativa para elaborar un producto novedoso que permita atraer a consumidores con un perfil ecológico y de ese manera facilite a los técnicos de la industria incursionar en un mercado rentable.

Entre otros beneficios, cabe mencionar que el desarrollo de esta investigación impactará en la automatización de procesos mediante la especialización de equipos tecnológicos que se adapten al tratamiento del residuo de interés.

CAPITULO I

REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 Antecedentes

En el proyecto “Valorización de residuos agroindustriales: Estudio realizado sobre la cáscara de huevo” diseñado por los investigadores del INTI (2016), se buscó hacer uso del residuo agroindustrial de la cáscara de huevo como carbonato de calcio para la aplicación en pinturas, para lo cual realizaron un tratamiento particular. Adicionalmente, el INTI (2016) señala que este particular tratamiento contempla una etapa de lavado para eliminar cualquier materia orgánica, una etapa de separación y agitación intensa para conseguir la separación de la cáscara de la membrana.

En referencia a la misma investigación, Solé (2017) manifiesta que en la etapa de secado (cáscara de huevo sin la membrana) se utilizaron placas perforadas bajo condiciones de 150 °C por 1 hora. Además, Solé (2016) indica que la primera etapa de molienda fue realizada en un molino de cuchillas y la segunda etapa en un molino de bolas planetario por 8 horas. En el mismo reporte, Solé (2016) sostiene que se realizaron tres formulaciones diferentes de pintura látex (100 % de carbonato de calcio comercial, 50 %/ 50 % carbonato de calcio de cáscara de huevo y una de 100 % de carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo), de las cuales se analizaron diferentes características fisicoquímicas como poder cubritivo, color, brillo, tiempo de secado, resistencias al frote húmedo, viscosidad stormer, dispersión y estabilidad. En efecto, Solé (2016) dio a conocer que no se observaron diferencias en la preparación de la pintura látex con referencia al carbonato tradicional, además señaló que la pintura látex obtenida presentó una buena viscosidad y color, parámetros importantes para la calidad de la pintura.

Dentro de otras ideas, Yew, M. & Ramli, N. & Yew, M.K & Amalina, M. & Johan, M. (2015) realizaron un importante estudio para poder desarrollar recubrimientos ignífugos adicionando un 2,5% en peso de residuos de cáscara de huevo (novedoso bio-relleno) en formulaciones de pintura. Este estudio mostró resultados positivos en la protección contra incendios debido a la formación de carbón, con una mejor morfología, altura y estructura del escudo de protección.

Por otra parte, existen antecedentes relacionados a la aplicación de la cáscara de huevo a nivel industrial como es el caso de Eggново (2016) donde se impulsó un proyecto financiado por la iniciativa europea ECO-INNOVATION, la cual ha superado los primeros test de comercialización para sus cuatro sistemas de separación aplicados al aprovechamiento de cáscara de huevo: ovocet®, ovomet®, ovopet® y ovoderm®. Según Eggново (2016), el producto Ovocet (carbonato cálcico) fue validado en pruebas para matrices plásticas y para productos alimenticios, por lo que es considerado como una alternativa más respetuosa con el medioambiente que el carbonato de calcio obtenido de centro de explotación. Por otro lado, Eggново (2016) sostiene que en el producto Ovomet® se realizaron estudios preclínicos y en humanos para valorar su efectividad en patologías articulares. El tercer producto llamado Ovopet® fue incluido como ingrediente en pienso seco, pienso húmedo, snacks y comprimidos para luego ser estudiado concretamente en perros con displasia de cadera, mientras que el producto Ovoderm® estuvo focalizado como tratamiento para mejorar e incrementar la hidratación, elasticidad y regeneración cutánea (Eggново, 2016).

Los resultados de dicho proyecto incluyen logros ecológicos como la reducción de la cantidad de carbonato de calcio mineral que se utiliza para alimentación animal, suplementos dietéticos y plásticos en 6860 toneladas/año a partir de 2017. Además de ello, se argumentó que la sustitución del carbonato de calcio de cantera por carbonato de calcio de huevo conllevará beneficios ambientales al final del proyecto equivalentes a una rebaja de emisiones de 3,72 toneladas CO₂/año, ahorro de 23 millones de litros de agua /año y una optimización de consumo de energía de más 4,6 millones kWh/año (Eggново, 2016) teniendo en cuenta que esta empresa procesa 40

toneladas de cáscara de huevo cada mes, unas 450 toneladas al año según la entrevista realizada a Sádaba (2017) por EFE emprende.

Un ejemplo claro a ser recopilado, es el proyecto de la empresa OVOSUR PERU denominado “Desarrollo de un proceso estandarizado para la obtención de sales de calcio a partir de cáscara de huevo destinada a la industria alimentaria” el cual viene siendo un ejemplo para el área de aprovechamiento de residuos agroindustriales en el Perú (Huayta, F. & Y Álvarez, E., 2016).

Desde la posición de Huayta, F. y et al. (2016) afirman que OVOSUR genera como subproducto 1200 TM de cáscara de huevo anualmente, por lo que han identificado que actualmente dicho subproducto está siendo desaprovechado. Asimismo, según Huayta y et al. (2016) afirman que los residuos de cáscara de huevo generados por OVOSUR son destinados a diferentes rellenos sanitarios de Lima a través de empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos, generando un costo por el desecho y tratamiento mayor a S/. 273 000 nuevos soles anuales. Debido a ello, Huayta y et al. (2016) revelan que la obtención de sales de calcio con alto valor derivadas de la cáscara de huevo están disminuyendo de manera significativa los gastos incurridos en los contratos con las EPS-RS, lo que permite mejorar la productividad y reconocimiento de la empresa OVOSUR.

1.2. Recopilación histórica de la materia prima utilizada

1.2.1 Residuos agroindustriales.

1.2.1.1 Generalidades y definiciones

Saval (2012) citado por Cury, K. y Martinez, M. y Aguas, Y. y Martinez, A. y Olivero, R. y Chams, L. (2017) definen como “subproducto” a un producto secundario, bien conocido, generalmente útil, comercializable y por lo tanto con valor agregado. De otro lado, Cury. K., et al (2017) mencionan que el término “residuos”, se aplica a aquellos que pueden tener o no un valor comercial, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes le confirieren algún interés para su utilización. De la misma manera Saval (2012) citado por Cury. K y et al.(2017) afirma que desde este punto de vista, los términos “subproducto” y “residuo” podrían utilizarse como sinónimos, no así el término “desecho”, incluso en el caso de los desechos son materiales que no les encuentra un valor comercial ni atributos de interés.

Según Agudelo (2006); citado por Jaramillo y Zapata (2008), un residuo es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, o de servicios, en el cual el generador rechaza y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

Dentro de contexto de esta investigación, Saval (2012) citado por Cury, K. y et al. (2017), sostienen que los residuos agroindustriales son materiales de naturaleza múltiple (sólido, líquido o semi-sólidos) que se generan a partir del consumo directo propio de esta actividad económica y el mismo autor menciona que estos residuos agroindustriales no son de utilidad para el proceso que los genera, pero son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social.

Arias & Meneses (2016) afirman que en general las características de los residuos agroindustriales son muy variadas ya que dependen de la materia prima y del proceso que los generó, sin embargo Arias & et al. (2016) subrayan que este tipo de residuos comparten una composición química similar denominada materia orgánica por lo que son considerados dentro de la clasificación de residuos orgánicos.

1.2.1.2 Problemática de la generación de residuos agroindustriales.

1.2.1.2.1 Situación mundial.

Como lo hace notar Gonzalez, Montenegro y Giraldo (2017), se estima que a nivel mundial se desecha hasta una tercera parte de los alimentos para el consumo humano; lo cual implica la generación de residuos desde el cultivo de la materia prima hasta su comercialización. Un aspecto adicional es que la generación de residuos depende principalmente de la posición en la que se encuentra cada país con respecto al ingreso promedio, al producto interno bruto y al consumo de la población, ya que estos influyen en la cantidad y al tipo de consumo (Escalante 2010; Corpoerma, 2012; Chávez, 2016; citado por González L. & et al, 2017).

En añadido Núñez, 2012; citado por González, L. & et al. (2017) enfatizan que en la producción de café colombiano como bebida solo representa el 9,5% del peso del fruto en su elaboración, quedando un 90,5% de residuos la cual es equivalente a 2.008.192 t/año, 193.460 t/año y 2.849.596 t/año de residuos de pulpa, cisco y tallos respectivamente los cuales no son aprovechados.

1.2.1.2.2 Situación peruana.

Según la apreciación de Huiman (2016), “El Perú está generando 18 131 toneladas de basura al día, es decir diariamente se podría llenar el Estadio Nacional en tres ocasiones”. También Huiman (2016) señaló que “cada día, los peruanos producimos 610 gramos de basura y solo tenemos doce rellenos sanitarios para los 1851 distritos del país, esto quiere decir que más del 95% de nuestra basura termina en botaderos”.

De forma semejante en la noticia “El drama de los residuos sólidos en Lima” menciona que cada persona produce cerca de 1 kg de basura al día de lo cual entre 40% y 50 % provienen de residuos orgánicos como cáscara de huevo, frutas y verduras, además este tipo de residuos al mezclarse junto con el resto de desechos, generan un tipo de descomposición anaeróbica, a causa de la falta de oxígeno, lo que libera gases contaminantes para el medio ambiente (Leyton, F., 2016).

1.2.1.3 Principales residuos agroindustriales en el Perú.

En el estudio realizado por Reyes, C. (2016) hace mención que los principales residuos agroindustriales y agropecuarios del país son el rastrojo de caña de azúcar, alpe orujo (residuos del olivo), residuos de café, cascarilla de arroz. Asimismo, Reyes, C. (2016) señala que entre los residuos agropecuarios destacan la pollinaza, la gallinaza y los residuos del centro de beneficios como sangre, vísceras y en planta de incubación considera a la cáscara de huevo como un residuo potencial.

1.2.2 Cáscara de huevo.

1.2.2.1 Componentes estructurales de cáscara de huevo.

Como plantea Dennis (1996); citado por Eunice C. Y. Li- Chan Y Kim H. (2008), la cáscara de huevo se compone de una capa porosa de cutícula, una capa de calcita o carbonato de calcio y dos membranas de cáscara de huevo.

En añadido, Gautron (2001); citado por Eunice C. y et al. (2008), sostiene que la cáscara de huevo incluye membranas de revestimiento, zona mamilar, reserva de calcio empalizadas y una cutícula, con un aproximado de 7,000 a 17,000 canales de poros distribuidos de forma desigual en la superficie de la carcasa para el intercambio de agua y gases.

En el estudio de Gautron (2001); citado por Eunice et al. (2008) se define que la formación de la cáscara de huevo se lleva a cabo en la membrana de la cáscara de huevo en un medio acelular, con el fluido uterino que contiene los minerales inorgánicos y precursores de la matriz orgánica. En la misma investigación, se plantea que el alto grado estructural de la cáscara de huevo resulta de la deposición de carbonato de calcio concomitantemente con una matriz orgánica (Domínguez - Vera et al., 2000; citado por Eunice C. Y. et al, 2008).

De otra forma, Panheleux (1999); citado por Eunice C. Y. et al, 2008 plantea que las proteínas de la matriz de la cáscara de huevo influyen en el proceso de crecimiento cristalino al controlar el tamaño, la forma y la orientación de los cristales de calcita afectando así la textura y las propiedades biomecánicas de la cáscara de huevo.

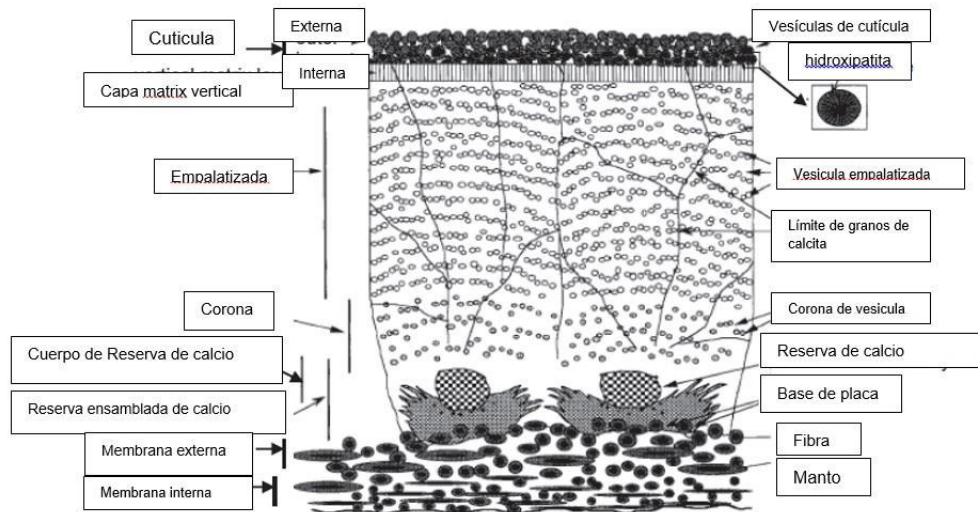


Figura 1. Diagrama de ilustración de cáscara de huevo

Fuente: Elaborado en base a Eunice C. Y. Li- Chan and Hyun- Ock Kim, 2008

1.2.2.1.1 *Cutícula.*

Según Dennis (1996); citado por Eunice C. &.et al. (2008), la cutícula es la capa más externa del huevo, tiene un espesor de alrededor de 10 -30 μm y cubre los canales de los poros, por ello se considera que esta estructura protege al huevo de la humedad e invasión microbiana.

a) Composición química de la cutícula de cáscara de huevo.

Un punto importante a considerar es que la cutícula contiene una gran parte de los pigmentos (protoporfirina, biliverdina y su quelato de cinc) en huevos coloreados e cristales hidroxiapatita (Burley y Vadehra 1989; Dennis et al., 1996; Fraser et al., 1999; citado por Eunice C. Y.et al, 2008).

Britton y Hale, 1977; citado por Castañeda, M. & Stechina, D. (2014), hacen referencia que la corteza está adherida a la membrana proteica por medio de numerosos conos y asociaciones de fibras y así mismo los autores mencionan que en cuanto a la membrana, ésta es rica en arginina, ácido glutámico, metionina, histidina, cistina y prolina.

1.2.2.1.2 Composición química de la capa de calcita

La cáscara de huevo pesa aproximadamente 10% de la masa total (ca. 60 g) del huevo de gallina (Instituto de Estudios del Huevo, 2009) y es considerada como uno de los residuos sólidos de mayor significancia en los procesamiento de alimentos y plantas de fabricación por Stadelman, W. & Cottenill, O. & Newkirk, D. & Newby, L. (2017).

Thapon y Bourgeois, 1994; citado por Torres J.(2010) da a conocer que dentro de su composición encontramos carbonato de calcio (94%), carbonato de magnesio (1%), fosfato de calcio (1%) y materia orgánica (4%), porcentaje que dependen del tipo de especie, alimentación y edad de la gallina tal como lo expone Sugino (1997); citado por Eunice C. Y. et.al(2008). Bajo la misma perspectiva, Arias (1993) ; citado por Eunice C. Y.et al , (2008) , afirma que a la cáscara de huevo se le conoce como una "biocerámica compuesta natural " que contienen fases orgánicas (3.5%) e inorgánicas (95%). En relación a lo último, Schaafsma y Beelen (1999); citado por Staldeman (2000) sostienen que en la cáscara de huevo contiene aproximadamente 39% de Ca elemental y su biodisponibilidad del calcio de la cáscara de huevo es tan alta como la de CaCO_3 .

De lo reportado en la investigación de (Hincke, 1995; Hincke et al, 1999 ; citado por Brun (2013), se sugiere que la cáscara de huevo también tiene algunos otros nutrientes, tales como Mg, P, glicoproteínas, proteoglicanos; adicional a estos nutrientes, según Reginster (1999); citado por Brun & et al.(2013) es interesante saber que la cáscara de huevo del pollo también contiene Sr (380 mg / g, en promedio), micronutriente puede tener un efecto anabólico sobre el metabolismo

óseo. Por otra parte, Eunice et al. (2008) propone la presencia de ácidos grasos en la cutícula entre ellos el ácido palmítico (16:0) con 6.8 ng/ug y el ácido behenico (22:0) con ng/μg.

A juicio de Sugino y otros, 1997b; citado por Eunice C. y et al (2008) mencionan que los cristales de calcita están compuestos de carbonato de calcio, mientras que los cristales de dolomita, que son mecánicamente más duros que los cristales de calcita y están compuestos de calcio y carbonato de magnesio.

Tomando en consideración propiedades físicas, Ho & et al. (2013) sugieren que el carbonato de calcio de la cáscara de huevo tiene una estabilidad térmica por debajo de los 834 °C, debido a que sus reportes presentaron una pérdida de peso significativa de aproximadamente 36% de 640 °C a 810 °C y un pico endotérmico agudo a los 834 °C, temperatura en la cual ocurrió la descomposición de CaCO_3 en CaO .

Por su parte, Laca, A. & Laca, A. & Díaz, M. (2017) postulan que cuando la cáscara del huevo es calcinada, se pueden observar diferentes cambios en la composición de su estructura, por lo que afirman que el CaCO_3 es descompuesto en CaO cerca a los 600 °C.

1.2.2.1.3 Membrana de cáscara de huevo.

Con las palabras de Eunice C. & et al (2008), se considera que la estructura de la membrana de la cáscara de huevo está compuesta de membranas internas y externas en donde reside entre la albúmina y la superficie interna de la cáscara (calcita).

a) Composición química de la membrana de cáscara de huevo.

Las membranas de la cáscara interna y externa están compuestas de aproximadamente 2% de ceniza, 2% de glucosa y 90% de proteína (base de peso seco) Sugino., (1997) citado por Eunice C. Y. et al, (2008). Como dato adicional Arias y Fernández (2001); citado por Eunice C. Y. et al, (2008), informan que el colágeno de tipo X es el principal constituyente de las fibras de la membrana y esto funciona para inhibir la mineralización, mientras que Arias, JL. & Fernández, MS., Dennis, JE, 1991; citado por Baláz M., 2014 postulan que la proteína encontrada en la membrana está conformada por 10% de colágenos (tipos I, V y X) y 70-75% glicoproteínas derivadas de grupos de lisina.

D'Ambrosio & Arena & Scaloni & Guerrier & Boschetti (2008); citado por Baláz (2014) dan a conocer que el número de proteínas presentes en la cáscara de huevo entera matriz (cáscara del huevo más membrana) está por encima de 500, por lo que este contenido es casi 4-5 veces más alto que los encontrados en la clara del huevo (148), yema de huevo (316), como consecuencia de este aporte, Torres & Troncoso & Montes (2013); citado por Baláz (2014) expresan que la estabilidad térmica de la membrana de cáscara de huevo no es naturalmente muy alta, ya que contiene fibras proteicas que empiezan a descomponerse cerca a los 55 ° C y es a esta temperatura donde se produce la desnaturalización térmica del colágeno.

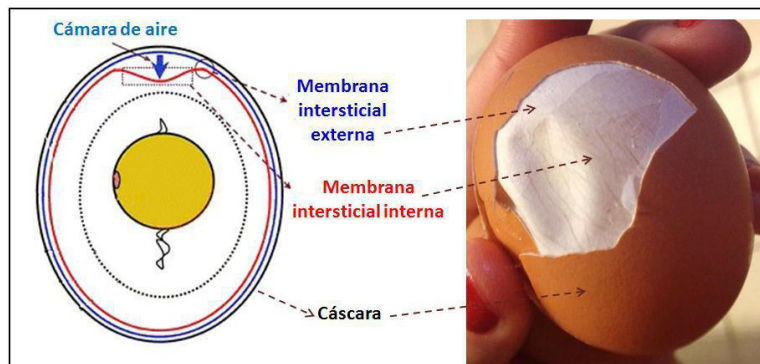


Figura 2. Ubicación y estructura de las membranas testáceas del huevo.

Fuente: Lee et al., 2009; citado por Rodriguez y Salazar (2017)

b) Mecanismo para la separación de membrana de cáscara de huevo

Baláz (2014) menciona que llevando a cabo la unidad de separación DAF (Dissolved Air flotación) es posible recuperar el 96% de la cáscara de huevo membrana y 99% de carbonato de calcio presente en la cáscara del huevo.

En la patente US 8056844 B2(2011), se proporciona un método para procesar cáscaras de huevo con membrana, el cual incluye colocar las cáscaras de huevo en un tanque de fluido y aplicar un procedimiento de cavitación, además en la misma patente se sugiere que el proceso de secado debe de manejar una temperatura que conserva al menos un polipéptido.

Desde otro punto de vista, la Patente WO 1998041326 (1998) afirma que las partículas de cáscara de huevo desechadas deberían ser desgastadas al menos ligeramente para poder debilitar la estructura de enlace entre la membrana y la carcasa, mientras que la Patente N° ES 2327087 A1 (2009), menciona que para ser efectiva la separación se emplea procedimiento un tratamiento térmico previo para bajar la carga microbiana, la aplicación de la rotura de la cáscara en un medio líquido por aplastamiento y sin la intervención de fuerzas de cizalladura para una posterior combinación de una agitación intensa y suave para favorecer la flotación de las membranas y la decantación de las cáscaras.

Un dato importante a rescatar en la patente WO 1998041326 A1 es que la separación entre la membrana de cáscara de huevo y corteza se da bajo el principio de la diferencia de densidad entre ambos productos así como aditivos usados como trifosfato pentasódico que modifiquen el pH alcalinizándolo ligeramente y que puedan actuar como secuestradores de metales divalentes para que su dosis disminuya en el producto final.

Tabla 1. *Contenido de mineral y materia orgánica de cascara de huevo*

	Promedio	Desviación estándar
M. orgánica	16.1	4.6
M. inorgánica	83.9	5.0
Calcio	38.2	3.5
Carbonato	44.3	3.2
Sodio	0.51	0.09
Fosfato	0.44	0.06
Sulfato	0.32	0.07
Potasio	0.14	0.15
Estroncio	0.14	0.02
Flour	1.8×10^{-6}	1.1×10^{-6}

Fuente: Brun L. y et al. (2013)

1.2.3 Generación de residuos de cáscara de huevo.

1.2.3.1 Situación mundial

Dado que la cáscara constituye el 10% del peso total del huevo, los residuos generados se pueden calcular alrededor de la gama 6.2-6.82 millones de toneladas por año a nivel mundial (Boro, 2004; citado Windhorst, H. & IEC Statistical Analyst (2014). También Windhorst, H. & et al. (2014) sostiene que basado en el análisis del desarrollo de la producción de huevos en las últimas décadas, se espera que la producción global de huevos pasará de 64,2 millones de toneladas en el 2010 a 86,8 millones de toneladas para el año 2030.

El Nagar y Ibrahim, 2007 ; citado por Francis & Rahman(2016) dan a conocer que en el Proyecto Shellbrane declara que la cantidad de cáscaras de huevo desechadas sólo en la UE fue de 999 000 toneladas en 2015, mientras que en Egipto, cerca de 310 000 toneladas se produjeron de cáscara de huevo anualmente para el período 2001 al 2005.

En mismo sentido, la investigación de Mijan, M., Kim, D. & Kwak, H. (2013) señala que cada año, solo la industria alimentaria de los Estados Unidos genera 150,000 toneladas de desechos de cáscara de huevo al año, donde los métodos de eliminación de residuos cáscaras de huevo son 26.6% como fertilizante, 21.1% como ingredientes de alimento para animales, 26.3% descartados en botaderos municipales y 15.8% usados en otras formas. En consecuencia, según Tacon (1982) citado por Castañeda y Stechina (2013) manifiesta que la cáscara de huevo constituye un residuo de la industria de ovoproducción que es comúnmente dispuesto en rellenos sanitario sin ningún tipo de tratamiento previo, por lo que la aparición de olores putrefactos, control de plagas y crecimiento microbiano aparecen a medida que la cáscara de huevo sufre su biodegradación.

1.2.3.2 *Situación nacional*

La generación de la cáscara de huevo en el Perú está condicionada con la producción, comercialización y consumo per cápita de huevo. En relación a esta idea, la Dirección General de Políticas Agrarias (2016) manifiesta que la producción nacional de huevos de gallina entre huevos pardos y blancos entre el año 2001 y 2015 se incrementó en 105%, a una tasa anual promedio de 4,9%.

De la misma forma, la Dirección General de Políticas Agrarias (2016) asocia este incremento con el aumento en la cantidad de gallinas de postura en dicho período (acumuló un crecimiento de 88%, a un ritmo de 4,3% por año) y a su mayor rendimiento, lo cual llevó a una producción de huevo de 386,3 miles de t para el año 2015 donde las principales regiones fueron Ica, Lima y La Libertad con 36.4%, 28.4% y 18.25 respectivamente.

Adicionalmente, se tiene que en los primeros ocho meses del 2016, la producción nacional de huevo superó los volúmenes mensuales alcanzado en el 2015, por lo que se previó que para el 2016 producción de huevo alcance los 405, 2 miles de t, lo que representaría un aumento de 5% con respecto al 2015(Dirección General de Políticas Agrarias del MINAG, 2016),mientras que una última estadística presentada por Contreras, S., Gutierrez, N y Osorio, L. (2017) declaran que la producción de huevo de gallina para el periodo de Enero a Diciembre del 2017 fue de 415.3 mil t, valor superior a lo estimado en los años anteriores.

Desde otro punto de vista se tiene que desde el año 2001 al 2015, el consumo per cápita anual de huevo se incrementó de 114 a 198 unidades, lo que representó un crecimiento acumulado de 74% en los últimos 15 años (Dirección General de Políticas Agraria, 2016). A pesar de ello, en el mismo reporte se menciona que a nivel Latinoamérica el Perú ocupó el sexto lugar en el consumo per cápita de huevo, por debajo México (354 huevos per cápita) y Argentina (230 huevos per cápita).

Recapitulando lo mencionado por Windhorst H & IEC Statistical Analyst (2014), se afirma que la cáscara equivale en promedio al 10 % del peso total de huevo, lo cual permitió determinar la generación de cáscara de huevo en función a la evolución de la producción. Entonces, en base a lo mencionado se puede estimar que la generación de cáscara de huevo en el Perú fue de 38.6 miles de t, 40.5 miles de t y 41.5 miles de t para el año 2015,2016 y 2017 respectivamente.

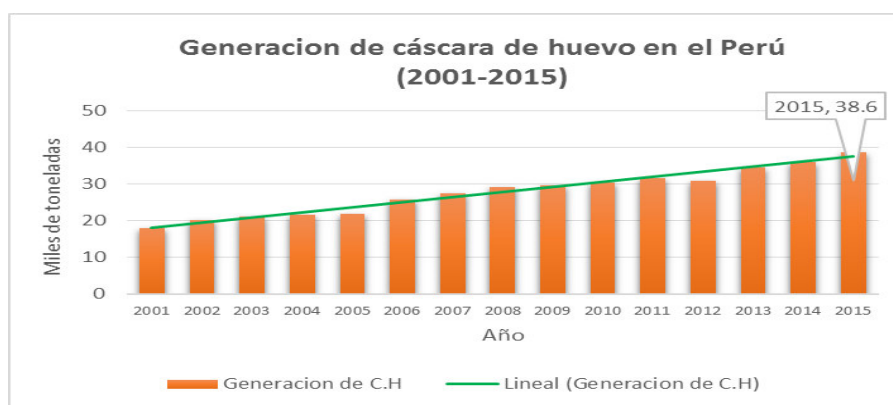


Figura 3. Generación de cáscara de huevo en el Perú (2001-2015).

Fuente. Elaborado en base a Dirección General de Políticas Agraria (DGPA) ,2016

1.2.4 Ejemplos de aprovechamiento de cáscara de huevo

Considerando lo citado por Su, Ch. (2006), la cascara de huevo de gallina se compone de 97% de sólidos (98% de CaCO_3), de los cuales 6,4% son proteínas, y trazas de cantidades de lípidos. Por lo tanto, se puede considerar una buena fuente de CaCO_3 .

A continuación se detallan investigaciones a nivel nacional e internacional que demuestran que la cáscara de huevo es una gran alternativa de aprovechamiento:

Guzman, F. (2011) desarrolló un proyecto de tesis junto con el Centro de Producción de Cárnicos de la ESPOCH donde se evaluaron diferentes niveles de citrato de calcio obtenido de las cáscaras de huevos como antioxidante (0.1, 0.2 y 0.3%) en la elaboración de salchicha tipo Frankfurt, dicho estudio concluyó que no se encontraron cargas microbiana como coliformes totales y aerobios en ningún de los tratamientos por lo que se pudo considerar un alimento apto para el consumo humano y con sabor aceptable para el consumidor.

En la investigación de Brun & Lupo & Delorenzi & Di Loreto & Rigalli (2013) se tomaron en consideración la deficiencia de calcio en la dieta para poder determinar el contenido adecuado de harina de cáscara de huevo como fuente casera de calcio, en resumen la investigación concluyó que la cáscara no afecta significativamente la textura y consistencia de los alimentos analizados (pan, pizzas, spaghetti, empanadas) y puede considerarse como una fuente de calcio barata y apropiada para la nutrición de las personas (Brun & et al,2013).

Castañeda y Stechina (2013) dentro de su trabajo de investigación diseñaron un proceso para aislar el CaCO_3 por medio de una separación física de la membrana proteica. En dicho proceso se fundamentó por la diferencia de densidad calculada para la membrana (1.0476 g/ml) y la corteza (2.2342 g/ml), por lo que Castañeda y Stechina (2013) afirmaron que este método evita el daño de la estructura del colágeno y aumenta la potencialidad del uso de la membrana como una alternativa eco-eficiente.

Otro antecedente importante es el estudio de Mijan, Choi & Kwak (2014) donde se utilizaron diferentes concentraciones de nano harina de cáscara de huevo (0,15-0,45% p / v) en un yogurt. En síntesis, la investigación concluyó que las concentraciones de 0,15 y 0,30% p/v de harina de cáscara de huevo pueden utilizarse para formular yogur sin ningún efecto significativo adverso sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiano, y propiedades sensoriales (Mijan M., et al., 2014).

Por otro lado, se reporta que la investigación Marina y Yalta (2014) tuvo como objetivo determinar la inclusión de harina de cáscara de huevo al 1%, 2% y 3% en un alimento balanceado para mejorar el crecimiento y resistencia a la fractura de la concha del “churo”, *Pomacea maculata* (Ampullaridae) en la región de Amazonas-Perú.

De otra forma, en la investigación de Sanchez y Huanio (2017) se determinó la granulometría óptima del carbonato de calcio a partir de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del Santa en Ancash, donde los resultados obtenidos afirman que con una granulometría menor de 0,125 mm, se logra aumentar el p H a 7.6 y disminuir la acidez a 0.28 cmol/ kg.

En otro sentido, Salazar y Rodriguez (2017) demostraron experimentalmente que empleando residuos orgánicos como cáscara de huevo, conchas marinas, carbón activado y arcilla bentonita, es posible obtener granulados (pellets) con 99.88 % de capacidad de remoción de cationes Cu+2 para una relación de mezcla cáscara de huevo/conchas marinas de 0.25 y con 10% cáscara de huevo, estos resultados se justifican con la propiedades de porosidad y superficie de la cáscara de huevo para eliminar metales pesados del agua residual (Carvalho et al., 2011; citado por Park, S. & Choi, K., Lee, D., Kim, D.,2016).

1.2.5 Pintura y recubrimientos.

1.2.5.1 Generalidades y definiciones.

Parrila, P. (2011) considera a la pintura desde un punto de vista técnico-económico, como el método más adecuado para la protección de los materiales empleados en la construcción y en todo tipo de industria. Desde un punto de vista fisicoquímico, según Parilla (2011) la pintura es considerada un sistema disperso, el cual está constituido por sólidos finamente particulados y dispersados en un medio fluido denominado vehículo o aglutinante, el cual es dispuesto en un solvente donde se le incorporan aditivos y eventualmente plastificantes. Con lo anterior, Parilla (2011) afirma que la pintura tiene como principio básico y aplicación fundamental a la creación de una barrera contra agentes corrosivos.

1.2.5.2 Componentes de una pintura.

Así mismo Alonso (2013) establece que “la composición genérica de una pintura incluye un ligante, resina, polímero o vehículo en algún caso, cargas o componentes de relleno, pigmentos, disolventes y aditivos”.



Figura 4. Composición de un recubrimiento

Fuente: Elaborado en base a Guanchez (2017)

1.2.5.2.1 Resina.

Se le considera como el principal ingrediente de la pintura y cuya función es brindar una mejor adherencia a la superficie que será aplicada, asimismo la resina estabiliza y define las propiedades de la pintura, protege los pigmentos y la superficie (Parilla P. ,2011). De la misma manera, Calvo., J. (2011) menciona que estos compuestos tienen como función mantener unida en forma homogénea toda la composición de la pintura y además estos influyen en la resistencia a la intemperie, a productos químicos, al frote húmedo y seco del producto final.

Para Calvo (2014), estas resinas o también llamadas ligantes se presentan en forma de solución, dispersión y emulsión. Respecto a lo último, Calvo (2014) describe una solución como un sólido o un líquido disuelto en otro líquido; una emulsión, como la suspensión de un líquido en otro líquido inmiscibles entre sí, donde la presencia de micelas mantienen el producto emulsionado; y una dispersión, como una solución de un sólido en un líquido, cuyo mecanismo es idéntico a las emulsiones.

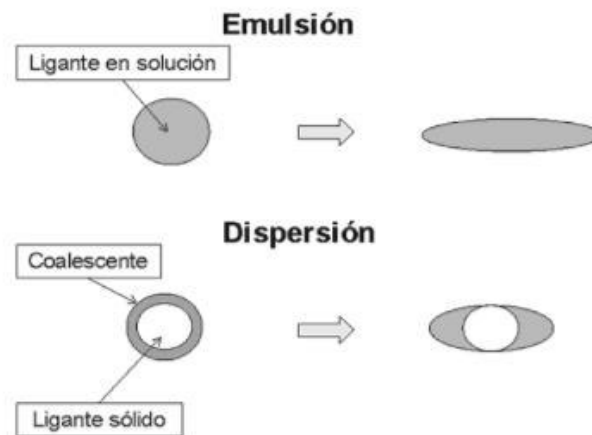


Figura 5. Deformación de las partículas en emulsión y en dispersión.

Fuente: Calvo (2014)

En consecuencia, Calvo (2014) sugiere como clasificación general de resinas lo siguiente:

a) Resina sólidas

Son resinas que se pueden disolver fácilmente en disolventes generalmente orgánicos, como las resinas cetónicas y fenólicas. Por otro lado, este tipo de resinas una vez disueltas forman el film siguiendo el mismo proceso que las resinas en solución.

b) Resina en emulsión

Son en general resinas sólidas o líquidas que se han disuelto en la suficiente cantidad de disolvente orgánico para que puedan fluir, posteriormente mediante un sistema de surfactantes y protectores coloidales se las ha emulsionado. Desde la opinión de Guanchez(2013), este tipo de resinas copian el principio de la leche, que es un sistema acuoso, llamado también coloide en el cual la grasa insoluble en agua se encuentra dispersa en partículas muy pequeñas con proteínas, para evitar su aglomeración y garantizar la suspensión por muy largo tiempo.

c) Resina en solución

Este tipo de resinas se encuentran disueltas en un disolvente orgánico o en agua, además en la solución el ligante o soluto se encuentra a nivel molecular.

d) Resina de dispersión

Son generalmente polímeros termoplásticos sólidos cuyo proceso de polimerización se efectúa en un medio continuo como el agua, y que para su estabilización precisan de tensoactivos y protectores coloidales.

Para fines del estudio, es importante citar lo resaltado por Schweigger (2005) sobre los acrílicos estirenados, a los cuales los considera como un tipo de dispersiones resistente al agua y a la saponificación, además de su alto poder ligante y su bajo costo que la hacen muy usadas en pinturas mate.

Por su parte Guanchez (2017) propone que las principales resinas comerciales son clasificadas según el tipo de secado. Al respecto, las de secado físico son las naturales como las del tipo de nitrocelulosa, caucho clorado, acrílicas, vinílicas, siliconas y polímeros fluorados, mientras que las de secado químico se encuentran las alquídicas, amídicas, fenólicas, poliuretanos y siliconas.

1.2.5.2.3 Solventes.

En relación a lo presentado por Parrilla (2011), los solventes pueden ser de origen natural o químico, cuya finalidad es disolver el formador de película para permitir la aplicación de la pintura y regular la velocidad de evaporación de esta. Además estos componentes de la pintura son llamados también componente volátil o porción líquida volátil, ya que una vez aplicada la pintura estos se evaporan (Parrilla, 2011).

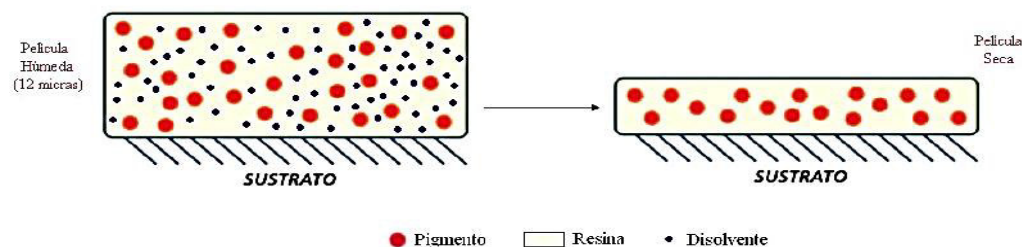


Figura 6. Formación de la película seca

Fuente: Guanchez C. ,2017.

Parrilla (2011) afirma que “la gran importancia de los solventes radica en el hecho que ellos comandan una variedad de propiedades en la pintura, entre ellas la rapidez de secado, el brillo superficial, la porosidad y la dureza”.

En otro sentido, Parrilla (2011) da a entender que los solventes ayudan a reducir la viscosidad, mejoran la coalescencia y la formación de películas en pinturas látex, por consiguiente, Schweigger (2005) destaca que un criterio importante al evaluar disolventes es su propiedad de solvatar polímeros en dispersión y por la cual sirve como coalescente. Asimismo, Schweigger (2005) comprueba que la polaridad de los disolventes influyen en la reología de la pintura y además afirma que guardan una relación directa con el tiempo de secado. Por último, se conoce que el tipo de disolvente a utilizar dependerá del tipo de resina (polar o apolar) de la pintura, en adición, los más usados son los hidrocarburos alifáticos (aguarrás), hidrocarburos aromáticos (xileno y tolueno), alcoholes volátiles como n-butanol, metil-etilcetona para resina polares y el éter de etilen y propilen glicol (Giudice y Pereyra, 2009).

a) Formación de película

En una resina en solución, la película se formará cuando se haya evaporado todo el disolvente de la superficie y su concentración en materia solida sea del 100%, mientras que para el caso de las resinas de emulsión y en dispersión es distinto ya que el proceso de formación de film se produce por coalescencia y conlleva diferencias importantes (Calvo, 2014).

Calvo (2014) argumenta que la relación entre el sistema pigmentario (pigmentos cubrientes y cargas) y la resina es un factor del que dependen directamente el brillo, la textura, el color, el poder cubriente tanto en seco como en húmedo además de la resistencia al frote húmedo y en seco e incluso a las resistencias químicas y mecánicas. En añadido, Calvo (2014) postula que la película seca puede estar constituida solo por el sistema pigmentario y ligante o tener huecos llenos de aire, el cual constituirá el tercer componente del film.

Por consiguiente, se define como factor de empaquetamiento a la fracción volumétrica del pigmento sobre el total del volumen seco considerando al sistema pigmentario, resina y huecos de aire como los componentes del film (Calvo, 2014).

En contraste, Calvo (2014) considera a la concentración de pigmento en volumen (PVC) como la fracción volumétrica del pigmento respecto al volumen total del film de la pintura, sin considerar los huecos de aire y además indica que el PVC crítico se presenta cuando hay la cantidad justa de resina para mojar el pigmento.

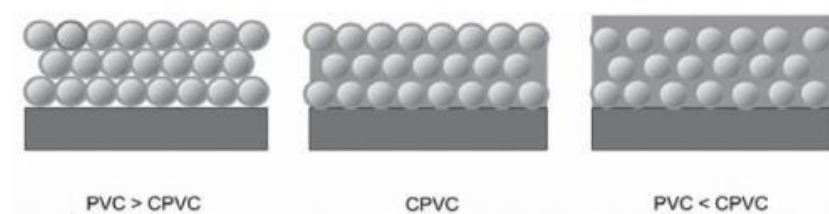


Figura 7. Situación del PVC respecto al CPVC

Fuente: Calvo (2014)

b) Coalescencia.

Giudice y Pereyra (2009) consideran que el secado de un látex conduce a que las partículas resinosas se adhieran fuertemente entre sí debido a la creciente tensión superficial la cual es explicada con el fenómeno de coalescencia. De forma análoga, Alonso (2013) considera a este fenómeno como un proceso en que se evapora el agua o el disolvente correspondiente para que las partículas de polímero se acercan unas a otras y posteriormente a medida que se va evaporando el agua se deforma y se unen de forma progresiva formando una película. No obstante, Calvo (2014) sostiene que los últimos fundamentos son aplicables para dispersiones y emulsiones de resinas.

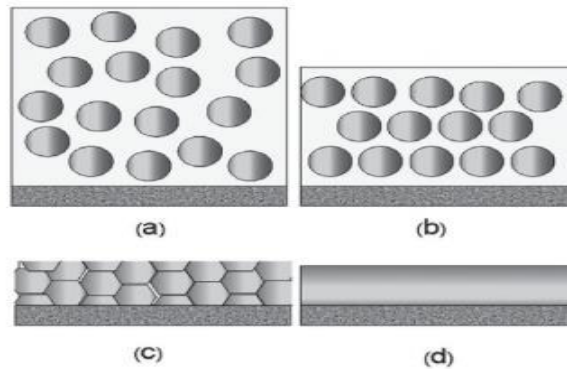


Figura 8. Mecanismo de formación de un film por coalescencia.

Fuente: Calvo, J. (2014)

La temperatura de transición vítrea (T_g) de un polímero indica la temperatura por debajo de la cual el polímero seco es sólido y por encima de la cual es líquido (Calvo, 2011); además en la práctica Calvo (2011) plantea que la temperatura mínima de formación de película (TMFF) esta unos grados por debajo del T_g y esta es identificada cuando un polímero en dispersión es incapaz de formar un film continuo (Calvo, 2014).

1.2.5.2.4 Pigmentos

Alonso (2013) sostiene que los pigmentos son compuestos orgánicos e inorgánicos cuya función es proporcionar a la pintura color y poder cubriente.

a) Propiedades generales de los pigmentos

Entre las más importantes se pueden citar: peso específico, índice de refracción, morfología y distribución de la partícula, superficie específica, absorción de aceite, color, poder cubriente, resistencia a los disolventes y agentes químicos (Alonso J., 2013).

Alonso (2013) indica que el peso específico del pigmento se utiliza para el cálculo de la fórmula de una pintura, el índice de refracción del pigmento y del vehículo en el cual está dispersado tiene gran importancia en el fenómeno de opacidad y que la morfología de partículas tienen influencia en el color y poder cubriente y por tanto en el poder de protección de la pintura. Por otro lado, Alonso (2013) relaciona directamente la superficie específica de los pigmentos con la reología de la pintura. No obstante para Guanchez (2017), la viscosidad final de la pintura y el brillo de la misma están directamente influenciadas por el índice de absorción de aceite de cada uno de los pigmentos de su formulación, en efecto cuanto más baja sea la absorción de aceite más fácil será la dispersión y en consecuencia se puede formular con más pigmento (mayor relación pigmento/vehículo). Adicionalmente, en la investigación de Alonso (2013) se menciona que el poder colorante es la capacidad de un pigmento de dar color cuando se mezcla con otro de muy distinto subtono, mientras que el poder cubriente es la capacidad de un pigmento de ocultar el fondo cuando se incorpora a un vehículo adecuado y se extiende sobre una superficie en forma de película de espesor uniforme. Dicho lo anterior Guanchez (2017) sostiene que el poder cubriente está controlado principalmente por dos propiedades: Índice de refracción (IR) y tamaño de partícula.

Acorde con Guanchez (2017), el IR es una propiedad asociada a la estructura cristalina y por lo tanto fuera del control del fabricante, en este caso un ejemplo representativo es el dióxido de titanio-rutilo (TiO_2) que presenta el mayor IR de cualquier pigmento blanco comercialmente disponible. En el caso del tamaño de partícula, si este fuera menor la viscosidad aumentará en el vehículo (Alonso, 2013).

1.2.5.2.5 Cargas

Schweigger (2005) expone que las cargas son materiales minerales inertes micronizados a diferentes mallas, cuya composición química y características son de mucha importancia para las propiedades del producto final.

Al mismo tiempo, Schweigger (2005) enfatiza que las cargas y los pigmentos se diferencian entre sí por su índice de refracción, en el caso de las cargas es menor a 1.7. En adición, Calvo (2011) sostiene que las cargas propiamente aportan materia sólida a la pintura y son general de estructura esférica, mientras que los extendedores mejoran el rendimiento de los pigmentos cubrientes y tiene una estructura laminar o acicular. En resumidas cuentas, con base en Schweigger (2005), se puede concluir que para definir la influencia técnica de la carga en los productos terminados es básico conocer su estructura morfológica, granulometría y absorción de aceite, ya que la suma de estos criterios definen la viscosidad, brillo, fluidez del producto, formación de grietas al secado, poder cubriente y resistencia al frote húmedo.

a) Criterios para caracterizar la aptitud de las cargas en pinturas.

Desde el punto de vista de Schweigger (2005), la estructura morfológica de las cargas determina la geometría de la partícula en consecuencia la forma y densidad de la compactación en el producto terminado, de la misma forma ocurre con la granulometría de las partículas y con la absorción de aceite.

Desde la posición de Calvo (2011), una carga ideal sería aquella que llenara por si sola todos los huecos, o sea que no dejara aire ocluido, para lo cual el empaquetamiento sería total. Al respecto, Calvo (2011) menciona que los fabricantes suelen indicar el residuo que queda después de pasar la carga por diversos tamices, por ejemplo en la Figura 10 se interpreta que para B el 8% está por encima de los 40 μm , entre tanto otros fabricantes prefieren adjuntar curvas granulométricas para dar a conocer la presencia de finos y gruesos (Figura 9) según lo recopilado por Calvo (2011).

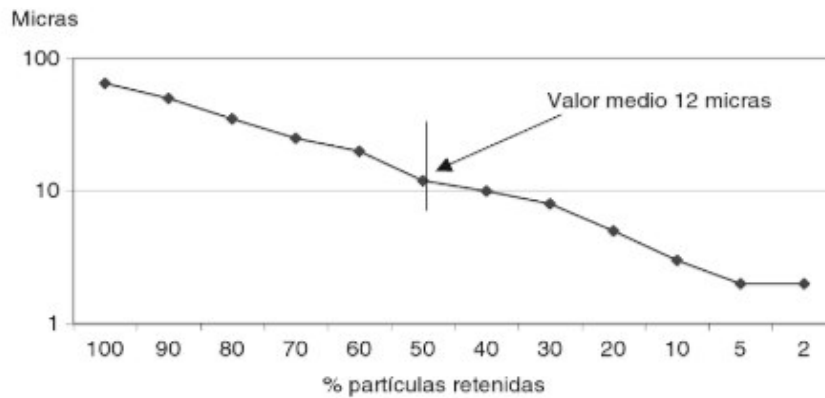


Figura 9. Ejemplo de curva granulométrica para una carga

Fuente: Calvo (2011)

Carga B	Retenido o residuo
65	99.5 %
50	94.0 %
40	92.0 %
30	66.0 %
20	62.0 %

Figura 10. Ejemplo de reporte granulométrico para cargas usadas en pinturas

Fuente: Elaborado en base a Calvo (2011)

Por otro lado, como expresa Calvo (2014) es difícil hablar de una carga o pigmento que tenga un tamaño de partícula perfectamente definido ya que el tamaño de partícula en realidad se representa con una cierta variabilidad formando una campana de Gauss, por lo que es importante hablar de distribución del tamaño de partícula.

b) Capacidad de empaquetamiento de las cargas

Tal como expresa Calvo (2014), la capacidad de empaquetamiento de cada pigmento o carga debe estudiarse a partir de su propia distribución de tamaño de partícula pero también teniendo en cuenta las otras cargas o pigmentos que intervienen en la formulación. De igual modo, Calvo (2014) destaca que las cargas con morfología laminar permite una mayor compactación y su ordenamiento explica la caída de viscosidad que sufren las pinturas al someterlas a un esfuerzo cortante.

En efecto, Calvo (2014) aduce que en cuanto menor es el tamaño de partícula, menores son los espacios huecos que quedan entre ellas.

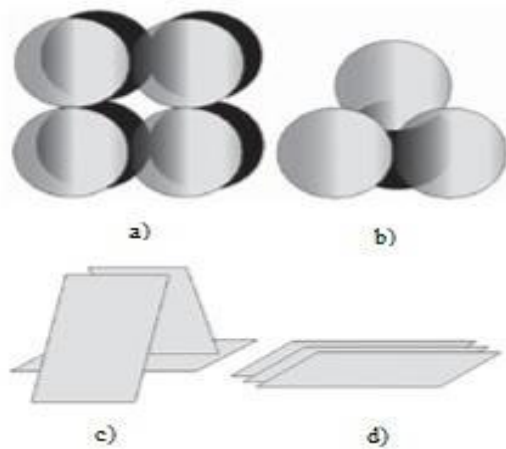


Figura 11. Tipos de ordenamiento para partículas esféricas y laminares a) cúbico b) tetraédrico c) paralelo d) aleatorio.

Fuente: Elaborado en base a Calvo (2014)

c) Influencia de las cargas en las propiedades de la pintura

Las principales características de las cargas y su influencia en las propiedades de las pinturas se describen en la Figura 12.

Característica	Influencia en la pintura
Composición química	Resistencia a la intemperie, a los microorganismos, compatibilidad con las dispersiones.
Granulometría	Influye en el PVC, CPVC, reología, compactación, poder cubriente, brillo y aspecto del acabado.
Morfología	Resistencia a la intemperie, consumo de dispersante, reología y porosidad
Peso específico	PVC y costos de producción.
Índice de refracción	Poder cubriente
pH	Estabilidad de la dispersión, resistencia a microorganismos.
Dureza de Mohs	Resistencia a la abrasión
Color	Blancura y nitidez del color

Figura 12. Influencia de las cargas en la pintura

Fuente: Elaborado en base a Schweigger (2005)

1.2.5.2.6 Clasificación de pigmentos

Los pigmentos se pueden clasificar en inorgánicos y orgánicos de acuerdo con la clasificación presentada por Alonso (2013), además de ello Guanchez (2017) resalta que el desempeño de un pigmento no solo lo determina la composición química sino también la forma de cristal, el tipo de red cristalina, el tamaño, entre otros.

a) Pigmentos inorgánicos

En efecto, los pigmentos inorgánicos poseen una excelente opacidad y proporcionan una amplia gama de tonos, estables a la luz, al calor y resisten bien a los disolventes orgánicos pero pueden ser atacados por los ácidos y álcalis (Alonso J, 2013).

- *Pigmentos blancos*

Para Alonso (2013) los compuestos fundamentales de este grupo son bióxido de titanio y pigmentos de zinc (óxido de zinc, litopón, mezcla de sulfato de bario y sulfuro de zinc), los cuales deben ser acompañados por cargas como el carbonato de calcio, silicato de magnesio, sílice, caolín, sulfato de bario, sulfato de calcio y mica.

En el mismo orden de ideas, se afirma que el pigmento blanco de mayor consumo en la industria de pinturas es el dióxido de titanio que se clasifica según su morfología en rutilo y anatasa, los cuales presentan un alto poder cubriente y elevada estabilidad según Alonso (2013).

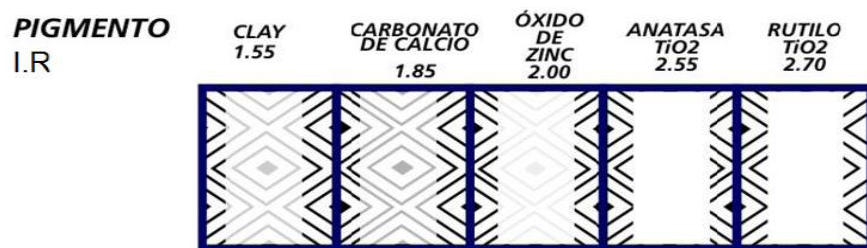


Figura 13. Efecto del I.R. de pigmentos blancos en el poder cubriente

Fuente: Guanchez C. ,2017.

En la Figura 14 se resume las principales cargas y pigmentos inorgánicos empleados en la industria de pintura.

Cargas	Composición	Fórmula	Morfología	Peso	Dureza
	Química	Química		Específico	Mohs
Creta	Carbonato de Calcio	CaCO_3	Amorfa	2,7	1,5-2,5
Calcita	Carbonato de Calcio	CaCO_3	Nodular	2,7	3
Dolomita	Carbonato de Ca y Mg	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)$	Nodular	2,7	3,5-4
Talco	Silicato de Magnesio	$2\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2$	Laminar	2,75	1-1,5
Barita	Sulfato de Bario	BaSO_4	Nodular	4,25	2,5-3,5
Caolín	Silicato de aluminio	$(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot (\text{SiO}_2)_{1-2}$	Laminar	2,6	2-2,5
Mica	Silicato de Al, K y Mg	Bastante compleja	Muy Laminar	2,85	2-2,5
Cuarzo	Sílice o dióxido de silicio	SiO_2	Nodular	2,65	7

Figura 14. Pigmentos y cargas naturales e inorgánicas más usadas en pinturas

Fuente: Schweigger (2005)

- Carbonato de Calcio

Es considerada como la carga más usadas, especialmente en pinturas plásticas debido a su bajo coste, baja absorción de aceite y baja viscosidad, además presenta una baja resistencia a los agentes químicos, sin embargo presenta buena resistencia al exterior y una buena opacidad en seco (Calvo,2011).

De la misma manera, Guanchez (2017) menciona que la calcita es un tipo de carbonato de origen orgánico, cristalizado y además de ello forman partículas nodulares de una morfología rómbica, lo cual conlleva a no tener efectos perjudiciales en la reología de la pintura y además otorga una buena compactación. En otra perspectiva, nuevas investigaciones proponen al CaCO_3 de cáscara de huevo de morfología cristalina como un insumo sustituto al carbonato de cantera (Solé, 2016).

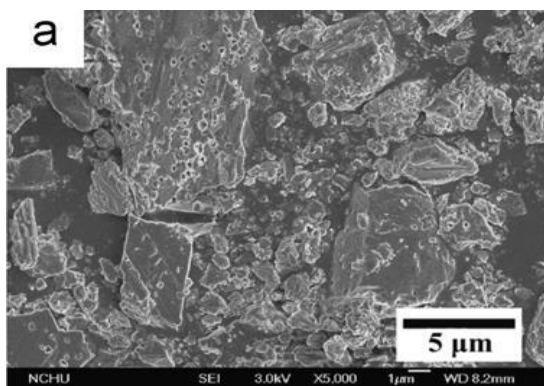


Figura 15. Morfología cristalina de cáscara de huevo

Fuente: Ho & Hsu & Hsu & Hung & Wu (2013).

Entre otros pigmentos y cargas, Guanchez (2017) indica que la creta es una forma de natural del carbonato de calcio de color amarillento y baja dureza, denominado también tiza y de estructura amorfa y porosa, debido a esta estructura tiene una alta absorción de agua y de ligante, en consecuencia esta carga alarga el tiempo de secado y reduce la fuerza de ligante del polímero. Adicionalmente, Guanchez (2017) postula que la dolomita es una variedad del carbonato de calcio en el cual se encuentra el calcio parcialmente sustituido por magnesio, inclusive este pigmento destaca por tener una mayor resistencia a la intemperie que la calcita, por lo que es usado para pintura de fachadas. No obstante, se conoce que el carbonato de calcio precipitado presenta granulometría finas (0.2 a 0.3 μm) y son usados en combinación con el TiO_2 para aumentar el poder cubriente y blancura (Guanchez, 2017).

En otras palabras, Calvo (2011) informa que en el mercado de carbonato de calcio se puede encontrar una amplia variedad de productos con distintas granulometrías (Figura 16).

OMYA	Corte superior	Corte inferior	Absorción de aceite
SETACARB	3 μm	0,7 μm	18
HIDROCARB B	7 μm	1,5 μm	18
MILLICAR	10 μm	3 μm	16
CARBOREX	20 μm	6 μm	13
DURCAL 2	10 μm	3 μm	18
DURCAL 5	25 μm	5 μm	15
DURCAL 10	50 μm	10 μm	13
DURCAL 15	100 μm	15 μm	12
DURCAL 40	200 μm	300 μm	<10
DURCAL 65	350 μm	60 μm	<10
DURCAL 130	400 μm	130 μm	<10
GRANICALCIUM 0,35-0,7	0,3-0,8 mm		
GRANICALCIUM 0,5-1,5	0,5-2,0 mm		

Figura 16. Tamaños de partícula del carbonato de calcio comercial

Fuente: Calvo (2011)

Por otra parte, existen otros tipos de cargas como el talco que es un silicato de magnesio de estructura esférica o acicular, el cual evita la formación de grietas en la película seca (Calvo, 2011); la barita (sulfato de bario), la cual proporciona resistencia a los agentes atmosféricos y ácidos (Guanchez C. ,2017) y es muy usada en imprimaciones anticorrosivas (Calvo, 2011).

Entre otras consideraciones, Calvo (2011) recalca que el caolín es un silicato de aluminio de estructura laminar que confiere una alta estructura a la pintura (tixotropía), además agrega que la mica mejora ostensiblemente la resistencia al agua en pinturas exteriores.

- Pigmentos coloreados

Dentro de los pigmentos coloreados más usados en la industria de pinturas se tiene a los óxidos de hierro naturales, óxido de hierro sintético, óxidos de cromo, cromatos de plomo, molibdatos de plomo, verdes de cromo, sulfuros de cadmio, sulfuros de cadmio y mercurio y los pigmentos negros como el óxido de hierro negro natural y sintético.

b) Pigmentos orgánicos

Como expresa Alonso (2013) estos pigmentos son generalmente de más alto precio, mayor absorción de aceite, menor peso específico y mayor poder colorante, sin embargo tiene una escasa resistencia al exterior y a agentes químicos por lo que la industria de pintura los combina con los inorgánicos para cumplir los requerimientos. Entre los más comunes se tiene a los azoicos, antraquinona, tioíndigo, ftalocianinas, isoindolinona, perileno, dioxacina y perinona.

1.2.5.2.7 Aditivos.

Según Guanchez (2017), son productos químicos que se dosifican en pequeña proporción a la pintura (1 %m/m) con el objeto de modificar sus propiedades y ajustarla a los requerimientos. Adicionalmente, Guanchez (2017) sugiere que estos deben ser clasificados en: aditivos de proceso, aditivos de reología, aditivos de cinética de reacción y aditivos de preservación.

a) Aditivos de Proceso

- Antiespumantes

Guanchez (2017) hace referencia que la formación de espuma en la fabricación, manipulación y en la aplicación en recubrimientos plásticos es un efecto indeseado y perjudicial, el cual demora la producción, dificulta el envasado y provoca irregularidades en el acabado. De otra forma, los productos más utilizados como antiespumantes son el aceite de silicona y los productos compuestos por hidrocarburos fluorados, los cuales se encargan de destruir las burbujas que se forman en el mezclado, agitación o en la aplicación según lo explicado por Guanchez(2017).

- Humectantes

Entre los humectantes más conocidos destacan los fosfatos que son productos que se derivan por condensación de las sales del ácido fosfórico, según lo mencionado por Guanchez (2017). De igual modo, Guanchez (2017) plantea que entre los fosfatos más usados como humectantes en pinturas plásticas se tiene a las sales de sodio como tetrapirofosfato de sodio, tripolifosfato de sodio y polifosfato de sodio.

- Dispersantes o surfactantes

Los dispersantes o llamados también emulsionantes son productos de la familia de los tenso-activos, es decir materiales que introducen pequeñas cargas eléctricas al sistema y facilitan con ello la dispersión del pigmento en la resina (Parilla P., 2011). Dentro de lo mencionado por Guanchez (2017), los dispersantes rodean la superficie del pigmento y previenen la re aglomeración de estos, sin embargo un exceso de dispersante puede producir manchas de caracol, reducir la resistencia al frote húmedo y aumentar la formación de espuma. En el mercado, los más convenientes son la sal sódica y la sal amoniacal de un polimetacrilato como señala Guanchez (2017).

b) Aditivos de reología

- Espesantes

Empleando las palabras de Guanchez (2017), su función principal es impartir consistencia a la pintura, prevenir la sedimentación de los pigmentos y adicionalmente ayudan a prevenir la coagulación y la floculación. Por otra parte, Schweigger (2005) postula que el óxido de sílice pirogénica y bentonitas (inorgánico) y el espesante celulósico (hidroxietilcelulosa) son los más usados por fabricantes; además este último confiere una eficiente humectación entre cargas y pigmentos, mejora la estabilidad y otorga una buena resistencia al frote húmedo.

c) Aditivos de cinética de reacción

- Secantes

Son aquellos aditivos que facilitan la absorción del oxígeno para así acelerar el proceso de secado. En adición, la industria de pinturas utiliza como secantes sales orgánicas de elementos metálicos (cobalto, manganeso, plomo, calcio, zinc, hierro) (Guanchez, 2017).

- Coalescentes

De acuerdo con Calvo (2014), los coalescentes son determinados disolventes del polímero cuya adición en pequeñas proporciones reduce su TMFF y permiten que se pueda formar una película de buena calidad para el sustrato, además Calvo (2014) menciona que estos productos deben tener una velocidad de evaporación más lenta que la del agua y no ser solubles en ella con el fin de que una vez en el medio continuo, estos actúen reblandeciendo las partículas del polímero. Para pinturas al látex los más usados son texanol (plastificante), butil glicol (miscible en agua) y varsol (no miscible) según Guanchez (2017).

d) Aditivos de Preservación

- Biocidas y antioxidantes

Para Giudice y Pereyra (2009), los antioxidantes frecuentemente empleados en hoja lata y pintura son los éteres alifáticos no saturados, los cuales tienen dobles enlaces susceptibles de reaccionar con el oxígeno. Por otro lado, Schweigger (2005) destaca que la pintura tiene componentes esenciales para el desarrollo microbiano es por ello que se suele usar una combinación de 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona (CIT) y 2-metil-4-isotiazolin-3-ona (MIT), junto con el derivado bencil 1,2-bencisotiazolin-3-ona (BIT) por su alto poder biocida contra levaduras, mohos y bacterias pseudomonas, caso contrario su proliferación causaría cambios en la viscosidad, pH, formación de gases, malos olores y decoloración.

1.2.5.3 Tipos de pinturas.

En la actualidad, la industria de pinturas ha desarrollado recubrimientos con diferentes finalidades, entre los más importantes destacan las pinturas epóxicas de uso industrial, pinturas acrílicas para manualidades, pintura vinílicas con alta resistencia a rayaduras e ideal para piscinas, pinturas anticondensantes para evitar el goteo de humedad condensada hasta pinturas antifuego que retardan la combustión (Parilla, 2011). Otro ejemplo importante es el desarrollo de recubrimientos ecológicos, los cuales se basan en reducir sustancias orgánicas volátiles que son tóxicas y altamente contaminantes (Schweigger, 2005).

1.2.5.4 Pintura látex.

Según Parilla (2011), estos recubrimientos tienen como principal característica ser diluibles en agua, tener un secado por coalescencia y obtener acabados mate, satinado o brillantes. Adicionalmente, Parilla (2011) sugiere que este tipo de pinturas se clasifican según su uso en selladores, impermeabilizantes, acabados y anticorrosivos.

1.2.5.5 *Etapas de fabricación de una pintura.*

En la formulación de pinturas es importante tener en cuenta que los componentes se deben añadir uno a uno para evitar posibles reacciones entre ellos (Alonso, 2013). En añadido, Guanchez (2017) alude que la etapa de dispersión o molienda consiste en la rotura de aglomerados sólidos donde la superficie de las partículas individuales es recubierta con líquido. En efecto, las diferentes etapas del proceso dispersivo pueden ser humectación, rotura mecánica de los agregados y estabilización que no necesariamente son procesos secuenciales.

Etapas de la dispersión	Sub-etapa	Descripción
Humectación	Adhesión Penetración	La adhesión involucra el contacto de las partículas asociadas del pigmento (aglomerados) con el vehículo Guanchez (2017). En la penetración, el vehículo ingresa por capilaridad al interior de las partículas del pigmento (intersticios) (Guanchez, 2017).
Rotura mecánica de los agregados		La continuidad de la dispersión genera una rápida disminución de la viscosidad debido a la rotura mecánica de los agregados (Guanchez C, 2017).
Estabilización	Última etapa	De acuerdo a lo presentado por Alonso (2013), el ajuste de la viscosidad es el último paso en la elaboración de una pintura.

Figura 17. Etapas de la dispersión en la elaboración de pinturas

Fuente: Adaptado de Guanchez (2017) y Alonso (2013).

1.2.5.6 *Defectos de pinturas en el sustrato.*

De lo expuesto por Guanchez (2017), se reporta los siguientes defectos más comunes en pintura:

1.2.5.6.1 *Floculación.*

Es un proceso mediante el cual las partículas de pigmento que se encuentran aisladas en el seno del vehículo tienden a adherirse entre sí, además éstas aparecen cuando la dispersión no se realiza de manera correcta debido a que los intersticios están ocupados por el aire y la humedad.

1.2.5.6.2 *Cráteres.*

Están formados por depresiones que muestran pequeños puntos o estrías en su centro, este defecto se origina luego de la aplicación y puede tener como origen la contaminación del sustrato. De forma similar, para Alonso (2013) este defecto se origina cuando la tensión superficial de la pintura es excesivamente elevada o se ha aplicado a una viscosidad excesiva.

1.2.5.6.3 *Colgado y descolgado.*

Es el deslizamiento de la pintura líquida a lo largo de la superficie vertical por efecto de la gravedad. En este defecto se observa lágrimas gruesas que rompen la uniformidad de la pintura originada por un mal reparto de la pintura o por una débil fuerza de adherencia.

1.2.5.6.4 *Tizamiento.*

Es la erosión de la capa exterior del ligante que se origina por exceso de alcalinidad, caleo o eflorescencia, la cual es formada por una capa de polvo blanco suelto en la superficie.

1.2.5.6.5 Flotación o Sangrado.

Este defecto se caracteriza por obtener un color en la aplicación diferente a lo esperado y se origina por la flotación superficial de uno de sus pigmentos en la pintura evaluada.

1.2.5.6.6 Cuarteamiento.

Este defecto aparece por una mala adherencia del pigmento en el ligante o por su poca compatibilidad. Además de ello, una mala preparación de la superficie también puede ocasionarlo.

1.2.5.6.7 Decoloración.

Este defecto se presenta cuando la luz UV proveniente de los rayos del sol afecta a algunos pigmentos orgánicos destruyendo su color. En el caso no se produzca decoloración o tarde mucho tiempo en producirse se dice que la pintura tiene buena retención del color o es sólida a la luz.

1.2.5.7 Algunos análisis para el control de calidad en pinturas.

Entre los más conocidos controles, Alonso (2013) hace referencia que el peso específico o densidad debe ser verificada al diseñar un nuevo producto debido que cualquier cambio de materia prima se manifiesta en un cambio en este parámetro. Otro análisis importante es la viscosidad, la cual es un factor que afecta directamente a fenómenos en la pintura líquida como la sedimentación o descuelgue (Calvo, 2014). Con respecto al tiempo de secado, Alonso (2013) indica que este debe ser determinado considerando la temperatura, espesor de película y humedad de la muestra según normas vigentes y además da a conocer que el tiempo de secado está relacionado con el tiempo de evaporación de disolventes y de polimerización de resinas.

Otro aspecto a considerar, es el poder cubriente que según Alonso (2013) puede ser verificado visualmente o mediante un reflectómetro a través de cartulinas con fondo blanco y negro especiales para la aplicación de pintura. Por otro lado, el análisis de color para pinturas es realizado por aparatos específicos como los colorímetros triestímulos, espectrocolorímetros (Alonso, 2013) y actualmente hay una tendencia para usar aplicativos certificados de identificación de color que otorgan valores confiables (Loomatix, 2018). En estos análisis, el modelo RGB es usualmente empleado para reportar valores de color en pinturas, en este caso la Universidad de Sevilla (s.f) menciona que este modelo está basado en el sistema de coordenadas cartesianas con tres componentes espectrales primarios: rojo, verde y azul. Como lo describe la Figura 18, el origen corresponde al color negro y el blanco se sitúa en el vértice más alejado a este, en consecuencia la Universidad de Sevilla (s.f) afirma que los colores son puntos dentro del tetraedro definidos por los vectores desde el origen.

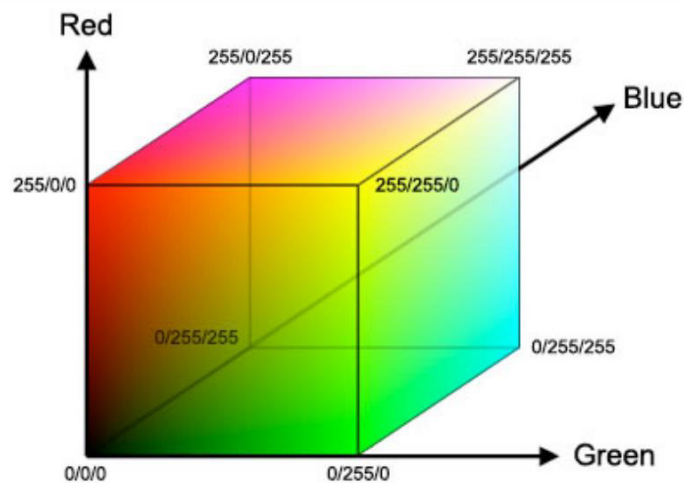


Figura 18. Modelo de color RGB

Fuente: Universidad de Sevilla (s.f)

HIPÓTESIS

Hipótesis General

- Los residuos de cáscara de huevo pueden ser aprovechados como insumo para la elaboración de pintura látex de color con características fisicoquímicas y cualidades similares a las comerciales.

Hipótesis específicas

- El contenido de carbonato de calcio de cáscara de huevo es adecuado para usarlo como insumo para pintura látex de color.
- La pintura látex de color formulada con carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo presenta características fisicoquímicas y cualidades similares a las comerciales.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Aspectos Generales

2.1.1 Tipo de investigación

Enfoque cuantitativo y cualitativo bajo un diseño experimental completamente aleatorio con tres repeticiones por cada tratamiento.

2.1.2 Lugar y tiempo

Las pruebas experimentales y los análisis fisicoquímicos del proyecto se realizaron en simultáneo en la Planta Piloto de Alimentos y Alkoholes de la Facultad de Química e Ingeniería Química (UNMSM) y en la E.P de Ingeniería Agroindustrial durante los meses de Diciembre del 2017 a Febrero del 2018. Además, la formulación y elaboración de la pintura se llevó a cabo en las instalaciones del taller de pintura LARPAINT ubicado en Av. Tambo Río Lote Z 32 Chacra Cerro – Comas.

2.2 Diagnóstico Situacional

2.2.1 Materiales, Reactivos, Equipos e Instrumentos.

2.2.1.1 *Materia prima.*

- Cáscara de huevo como residuo de una empresa de alimentos.

2.2.1.2 *Reactivos.*

- Solución de Hipoclorito de Sodio al 0.006%
- Solución de NaOH 0.25 N
- Solución de HCl 0.2 N
- Biftalato de potasio
- Fenolftaleína 1 %
- Agua destilada
- Cellueast HE FM 50000
- Dióxido de titanio R-2195
- Anti fúngico- bactericida Triadine 101
- Estabilizador de pH al 22%
- Resina acrílica estirenada

2.2.1.4 *Materiales de plástico y vidrio*

- Bolsas 8 x12 para recolección de cáscara de huevo
- Olla de acero inoxidable
- Prensador manual
- Papel aluminio para forrado de bandejas de secado
- Cartulina plastificada blanca y regla de metal
- Frascos de PEHD para polvo de cáscara de huevo
- Envases de plástico para pintura con tapa
- Brocha 2 pulgadas y 2 Lijas n° 80
- Equipo de titulación y materiales de vidrio

2.2.1.3

Equipos e instrumentos.

- Conservador marca Coldex
- Sistema de agitación para separación de membrana proteica
- Compresor de Aire 1 HP marca General Electric
- Secador de bandeja AALINAT
- Molino eléctrico Y800 con adaptador universal
- Juego de tamices para análisis granulométrico
- Tamiz de malla 325
- Dispensor manual para pintura marca SENCAN
- Balde de PEHD como reactor para la formulación de los tratamientos
- Tablet marca Samsung modelo SM-T280
- Viscosímetro rotativo marca Quimis
- Balanza electrónica SF-400 C de precisión 0.01 g
- Balanza analítica GH-200
- Balanza de humedad OHAUS MB45
- Termo higrómetro digital marca BOECO.

2.3 Presupuesto del proyecto

Los costos del presente proyecto de tesis se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Costos del proyecto de investigación

COSTOS DEL PROYECTO		
Costos directos		
Materiales		
Subtotal		S/.89.8
Reactivos e insumos		
Subtotal		S/.92.00
Equipos y dispositivos		
Subtotal		S/.578.83
Mano de obra (tiempo empleado)*		
Proceso	Tiempo empleado	Costo asignado
Logística	30 horas	S/. 132.9
Acondicionamiento	30 horas	S/. 132.9
Secado	35 horas	S/. 155.05
Molienda y separado	25 horas	S/. 110.75
Formulación de pintura	2 horas	S/. 8.86
Pruebas fisicoquímicas	35 horas	S/. 155.05
Subtotal	157 horas	S/. 695.51
Total de costos directos		S/. 1455.54
Costos indirectos		
Servicios		
Análisis de pintura		S/.533.4
Impresiones		S/.370.00
Transporte		S/.120.00
Otros		S/.100.00
Subtotal		S/.1123.4
Total de costos indirectos		S/.1123.4
Costo total del proyecto		S/.2578.94
Nota: Costo por hora trabajada fue de S/.4.43 según la RMV de S/.850.00(Dic17-Feb18)		

2.4 Metodología

2.4.1 Caracterización de cáscara de huevo y verificación del contenido de CaCO_3

2.4.1.1 *Determinación de porcentaje en masa de los componentes estructurales de cáscara de huevo recolectada.*

Se determinó la masa de la cáscara de huevo con membrana y sin membrana mediante una balanza electrónica SF-400C. Los pesos obtenidos fueron reportados en porcentaje del peso total del huevo del proveedor “La Calera”(Anexo 1).

2.4.1.2 *Determinación de humedad en muestras de cáscara de huevo.*

Se programó la balanza de humedad OHAUS MB45 a 100°C por 10 minutos, en la cual se pesaron 0.523 g de una muestra de cáscara de huevo procedente del proceso de secado. Los resultados fueron expresados en porcentaje de humedad.



Figura 19. Determinación de humedad de cáscara de huevo

2.4.1.3 *Determinación de densidad de las muestras de cáscara de huevo*

Se determinó la densidad de muestras de cáscara de huevo sin membrana procedente del proceso de secado por el método de la probeta anotando los pesos y determinando la relación g/ml. Se repitió el mismo procedimiento para una muestra de cáscara de huevo molida.

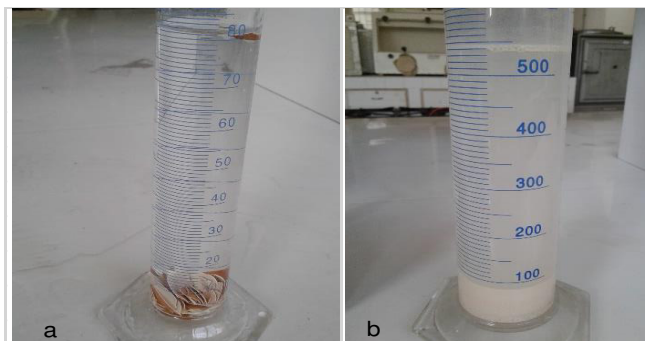


Figura 20. Método de probeta para el cálculo de densidad de cáscara de huevo (a) sin moler y (b) de cáscara de huevo molida

2.4.1.4 *Determinación de color de cáscara de huevo*

Se esparció 1 gramo de cáscara de huevo seca y sin membrana sobre una cartulina blanca colocando la zona de la cutícula disponible para las fotografías. Seguidamente se tomaron 12 fotos usando el aplicativo Color Grab TM versión 3.6.1 instalado en una Tablet marca Samsung modelo SM-T280 con la finalidad de identificar los colores característicos de la muestra de cáscara de huevo.

Para el presente estudio, solo se consideraron los resultados en coordenadas de color RGB. Además de ello, es importante considerar que el método empleado basa su tecnología en algoritmos patentados que permiten la identificación de color de manera confiable según el fabricante Loomatix (Anexo 25).

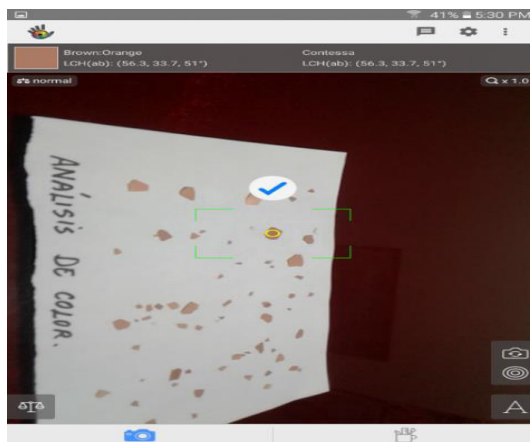


Figura 21. Determinación de coordenadas de color con el aplicativo Color Grab.

2.4.1.5 *Determinación del porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo.*

Para poder determinar el porcentaje de carbonato de calcio en la muestra de cáscara de huevo se empleó el método de titulación por ácido en exceso o llamada también titulación inversa.

Se trabajó con muestras de cáscara de huevo sin membrana proteica, molida y separada con un tamiz de abertura de malla 325. Enseguida, se preparó 250 ml de una solución de NaOH 0.25 N para luego ser estandarizado con una solución de Biftalato de potasio. Adicional a esto, se preparó 250 ml de una solución HCl 0.2 N, la cual fue estandarizada con la concentración corregida de NaOH (Anexo 6).

Para hallar la concentración corregida de NaOH se utilizó las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1.Factor de corrección para Normalidad corregida.

$$F = \frac{a / Eq}{Vx(\frac{N_{sc}}{1000})}$$

Ecuación 2. Normalidad corregida de NaOH.

$$N_c = N_{sc} \times F$$

Donde:

F = Factor de corrección

a = g pesados de Biftalato de potasio

Eq= Peso equivalente de Biftalato de potasio (204.22)

V= Volumen (ml) de NaOH x N gastados en la valoración.

N_{sc}= Normalidad del NaOH sin corregir

N_c= Normalidad corregida de NaOH

Para determinar la normalidad corregida de HCl diluido se empleó la siguiente formula:

Ecuación 3. Normalidad corregida de HCl.

$$N_a \times V_a = N_b \times V_b$$

$$N_a = \frac{N_b \times V_b}{V_a}$$

Donde:

N_a= Normalidad del ácido corregido

V_a= Volumen gastado del ácido (ml)

N_b= Normalidad corregida del NaOH (N_c)

V_b= Volumen usado de NaOH

Se pesó 0.03 g de cáscara de huevo molida y se la hizo reaccionar con 90 ml de solución de HCl estandarizado. Luego se agitó continuamente hasta obtener una solución homogénea y se enrazó la solución a un matraz aforado de 100 ml.

Posteriormente, se tomó 20 ml de la última solución y se añadió 3 gotas de fenolftaleína. Se empezó la titulación por exceso (Anexo 7) y se anotó el volumen gastado del NaOH estandarizado en el viraje de color de la fenolftaleína (rosáceo a incoloro).

Para determinar la masa de carbonato de calcio en la cáscara de huevo se siguió la siguiente formula:

Ecuación 4. Masa del carbonato de calcio de cáscara de huevo.

$$W_{CaCO_3(Cas.H)} = (N_{HCl} \times V_{HCl} - N_{NaOH} \times V_{NaOH}) * PE_{CaCO_3}$$

Donde:

N_{HCl} es la normalidad corregida de HCl

V_{HCl} es el volumen en ml de HCl usados para disolver la cáscara de huevo

N_{NaOH} es la normalidad corregida de NaOH

V_{NaOH} es el volumen gastado en la titulación inversa

$PE_{CaCO_3} = 50 \text{ eq} - g$ (*Peso equivalente del $CaCO_3$*)

Finalmente, se determinó el porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo con la siguiente relación:

Ecuación 5. Porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo.

$$\%CaCO_3(Cas.H) = \frac{W_{CaCO_3(Cas.H)}}{W_{cáscara \text{ de } huevo}} \times 100$$

El procedimiento se repitió por triplicado con el objetivo de obtener el promedio de las tres mediciones y su desviación estándar.

2.4.2 Análisis granulométrico de cáscara de huevo molida

Para determinar el análisis granulométrico de cáscara de huevo molida se empleó el Método de vía húmeda descrito en la NTP 400.018.2002, para la cual se utilizó los tamices de abertura de malla 170, 230, 325, 450, 500 y 635.

Se añadió entre 50-100 g de cáscara de huevo molida a un recipiente grande con agua para luego agitar vigorosamente y dejar decantar las partículas. Seguidamente se pasó el producto por cada tamiz en orden de menor a mayor hasta que el agua de lavado este clara.

Los productos retenidos en los tamices se pasaron a vasos precipitados de 50 ml previamente pesados. Posteriormente, se rotularon las muestras y se mandaron a secar en una mufla a 120 °C por 60 minutos.



Figura 22. Método de vía húmeda para análisis granulométrico. a) Tamices empleado b) masa retenidas c) secado del retenido

Finalmente, se determinó el porcentaje del retenido, porcentaje del pasante y las curvas granulométricas % retenido vs abertura (μm) y % acumulado pasante vs abertura (μm).

2.4.2.1 *Determinación de tamaño promedio para las muestras de cáscara de huevo*

molida

El tamaño promedio de la muestra de cáscara de huevo molida se obtuvo calculando la Media Aritmética de las partículas que conforman dicha muestra y el porcentaje retenido de la muestra en el análisis granulométrico.

Ecuación 6. Tamaño promedio de cáscara de huevo molida

$$\bar{X} = \frac{M_1 \times R_1 + M_2 \times R_2 + \dots \dots M_n \times R_n}{R_1 + R_2 + \dots R_n}$$

Donde:

M_1, M_2, \dots, M_n : Tamaño medio de partículas retenidas en el tamiz “n” (μm)

R_1, R_2, \dots, R_n : Porcentaje retenido en cada uno de los tamices de abertura de malla “n”

Asimismo, para calcular los valores del tamaño medio de partículas retenidas en el tamiz de abertura de malla “n” se tomó como referencia la siguiente relación:

Ecuación 7. Tamaño medio de partículas retenidas en el tamiz malla “n” (μm)

$$M_n = \frac{t_{n \max} + t_{n \min}}{2}$$

Donde:

M_n : Diámetro o tamaño medio de partículas retenidas en el tamiz malla “n” (μm)

$t_{n \max}$: Abertura de malla en el tamiz “n”.

$t_{n \min}$: Abertura de malla en el tamiz “n-1”.

Los valores de $t_{n \text{ máx.}}$ y $t_{n \text{ min}}$ fueron referenciadas por las designaciones ISO y Tyler (Condorhuaman, 2017) presentadas en el Anexo 17.

2.4.3 Análisis fisicoquímicos para pintura látex de color

2.4.3.1 Determinación de tiempo de secado

El ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 319.012:2016, la cual describe el método normalizado para secado, curado o formación de película en recubrimientos. Para este procedimiento se evaluaron cartillas especiales donde se aplicaron los tratamientos mediante un aplicador automático descrito en el Anexo 33. Las mediciones fueron realizadas a una temperatura de 25°C con humedad relativa de 57%.

Los resultados fueron calculados por triplicado para cada tratamiento y reportados en minutos.

2.4.3.2 Determinación del poder cubriente por NTP-ISO 6504-1:2011

Las muestras fueron evaluadas por triplicado en cartillas especiales con un Reflectómetro marca Biuged (Anexo 33), el cual midió los valores en un rango de 0 a 100 % de opacidad o cubrimiento para un espesor de película de 175 μm y un tiempo de secado de 18 horas a una temperatura ambiente.

2.4.3.3 *Determinación de la viscosidad*

En primera instancia, se verificó la operatividad del equipo con una muestra de agua destilada donde se obtuvo 0.1 Pa.s, el cual representa el valor teórico para la viscosidad del agua a 25 °C.

En efecto, se evaluaron 250 ml de pintura látex para cada tratamiento con un viscosímetro rotativo marca Quimis configurado con una velocidad de 30 RPM y con el husillo n° 4 (Figura 23).

Las mediciones fueron realizadas a 25 °C por 180 segundos (9 medidas) para cada tratamiento debido al comportamiento no newtoniano y tixotrópico de la muestra (Anexo 28). Luego se clasificaron los resultados en 3 grupos y se determinó el promedio de estos, los cuales fueron incluidos en el análisis estadístico.



Figura 23. Medición de la viscosidad con el viscosímetro Rotativo

2.4.3.4 *Determinación de color de la pintura látex*

Se aplicaron los tratamientos evaluados de pintura látex de color sobre cartillas especiales de aplicación para luego dejarlas secar completamente. Con el aplicativo Color Grab TM versión 3.6.1 (Anexo 25) se fotografió la zona izquierda, la zona del centro y la zona derecha de las cartillas especiales de evaluación obteniendo los resultados en coordenadas RGB tal como lo describe el Anexo 23 y 27.

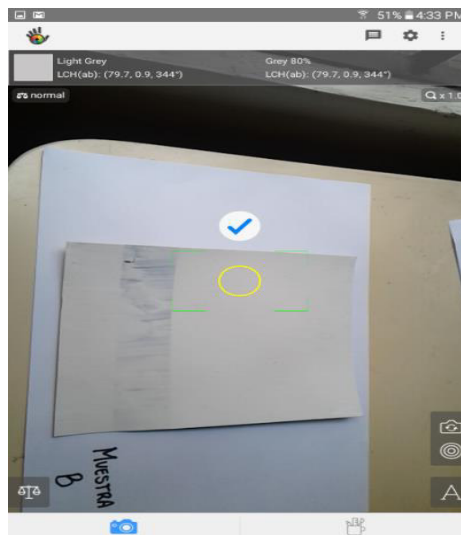


Figura 24. Determinación de color en tratamientos evaluados
Fuente: Elaboración propia

Se repitió el procedimiento por triplicado para cada tratamiento y los resultados fueron incluidos en el análisis estadístico.

2.4.3.5 *Determinación de densidad por el Método de la probeta*

Se pesó una probeta de 10 ± 0.1 ml en una balanza analítica AND GH-200 de precisión 0.0001 g, luego se llenó la probeta con 10 ml de pintura látex y se determinó su peso (Anexo 24).

Se halló la masa de la pintura por diferencia de pesos entre la probeta vacía y llena para luego dividir el resultado entre el volumen estimado. El procedimiento se repitió por triplicado para cada uno de los tratamientos.

2.4.3.6 *Metodología para las pruebas cualitativas*

Para la evaluación cualitativa de los tratamientos de pintura látex, se preparó una pared de concreto de fondo blanco lijando la superficie con una lija n°80 para eliminar impurezas. Posteriormente, se delimitó la superficie en tres zonas de 87 x 67 cm cada una y se procedió a pintar con una brocha de 2" cada tratamiento en su zona correspondiente (Anexo 21). Posteriormente, se dejó secar la película húmeda por 6 horas y luego se aplicó una segunda mano.

El pintado fue expuesto al medio ambiente bajo condiciones de estación de verano (28 °C y 70 % humedad relativa) y con días lluviosos. Finalmente, se evaluaron los resultados cada 7 días durante 6 semanas para ver posibles defectos y comparar aspectos cualitativos.

2.4.3.6.1 *Desarrollo de encuesta*

Se implementó una encuesta dirigida y referencial (Anexo 38), la cual fue desarrollada por 10 panelistas no entrenados en el día 45 posterior al pintado de los paneles. Es importante recalcar que la entrevista dirigida no consideró el sexo ni la edad de los entrevistados para la interpretación de sus resultados.

La encuesta dirigida constó de 3 preguntas, donde las dos primeras preguntas tuvieron como finalidad poder evaluar si los entrevistados lograron identificar los paneles de pintura látex que contienen cáscara de huevo y la razón de su elección. Posteriormente, se les indicó a los entrevistados algunos beneficios del producto para luego desarrollar la última pregunta que tuvo como objetivo tener una referencia si los entrevistados informados de los beneficios están dispuestos a comprar una pintura látex formulada con cáscara de huevo.

2.5 Trabajo experimental.

2.5.1 Procedimiento experimental.

El procedimiento experimental fue dividido en dos partes, la primera parte explica la obtención de la cáscara de huevo sin membrana proteica (Anexo 4) y la segunda parte detalla el procedimiento desde el secado de la muestra hasta la obtención de las formulaciones de pintura látex y sus análisis fisicoquímicos (Anexo 5). En la primera parte, antes de la recolección de muestras de cáscara de huevo del Centro producción Tottus (Anexo 3), las muestras fueron lavadas con agua para quitar el exceso de impurezas que pueda acelerar el proceso de descomposición. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en bolsas de plásticos y almacenadas en un congelador a 5°C hasta su tratamiento.

Una vez recolectadas la cantidad necesarias para la experimentación y teniendo en cuenta lo expuesto en la Patente ES 2327087 A1 (2009), las muestras de cáscara de huevo fueron calentadas con agua hirviendo por 5 minutos en un baño maría para poder bajar la carga microbiana antes de su tratamiento. Luego, las muestras en caliente fueron prensadas con la ayuda de un prensador manual para debilitar la estructura de enlace entre la membrana y la corteza (Patente WO 1998041326 A1, 1998).

Por otro lado, se implementó el diseño de un equipo separador de membrana proteica teniendo en cuenta lo expuesto por Stechina (2013) y el principio de diferencia de densidad entre membrana de cáscara de huevo y corteza citado en la Patente US 6649203(2000). Por consiguiente para el procedimiento de separación de membrana proteica, se pesaron 335 g de cáscara de huevo con membrana y se llevó al separador de membrana (Anexo 11), el cual contiene 6L de solución de hipoclorito de sodio al 0.006%. Posteriormente, se encendió el equipo y las cáscaras fueron sometidas a una inyección de aire usando un compresor de marca General Electric de 1 HP cuyo objetivo fue generar un burbujeo de alta turbulencia en el sistema que favorezca la separación.

Luego, se dejó decantar la solución por 5 minutos para permitir flotar las membranas sobre la superficie (Patente ES 2327087 A1, 2009), enseguida con la ayuda de un colador de plástico se filtró la membrana dejando la muestra de interés en el fondo del separador, terminando así el proceso de separación (Anexo 5). Por último, la primera parte del procedimiento culminó con el enjuagado y escurrido de las muestras de interés con agua por 5 minutos para poder retirar algún remanente del hipoclorito de sodio para luego ser almacenadas a 5 °C.

La siguiente parte del procedimiento constó en primera instancia en el secado de las muestras húmedas en un secador de bandeja marca AALINAT con 4 bandejas que fueron forradas con papel aluminio para evitar la pérdida de muestra. El secado se llevó a cabo a 55.3°C por 100 minutos con un ratio de 335 g de cáscara de huevo húmeda por bandeja.

La operación de molienda fue programada por 1 minuto con el molino eléctrico Y 800 a una velocidad de 34 000 RPM (Anexo 32) con una potencia de 4 HP para una muestra de 500 g de cáscara de huevo seca. Luego, se dejó enfriar el equipo sin abrir la tapa del molino por un periodo de 10 min, finalmente se retiró el producto molido con la ayuda de una brocha (Anexo 5).

El proceso de separación por tamizado se llevó a cabo utilizando un tamiz de abertura de malla 325 donde se colocó 50 g de muestra molida y con la ayuda de una brocha se fue recolectando la muestra pasante con una regla de metal sobre una cartulina plastificada para poder recoger el producto de manera más óptima (Anexo 5).

Finalmente, las muestras de cáscara de huevo con un tamaño menor a 45 µm fueron envasadas en frascos de PEHD hasta la formulación de la pintura. Para la formulación de la pintura látex se utilizó un balde de PEHD como reactor en donde se colocó todos los insumos. Estos insumos fueron homogenizados con un mezclador de marca SENCAN (Anexo 20).

2.5.2 Diseño Experimental

En la investigación se empleó el diseño experimental ANOVA unifactorial completamente aleatorizado con la finalidad de verificar si existe diferencias entre las variables respuestas de los tratamientos evaluados en función a las características fisicoquímicas.

El modelo se pudo expresar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, n_i$$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable aleatoria que presenta la observación j – ésima del i – ésimo tratamiento

μ = Es la media

τ_i = Es el efecto del i – ésimo tratamiento

ε_{ij} = Es el efecto del error experimental en la observación j – ésima en i – ésimo tratamiento

En la cual se tiene que:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \dots \mu_I$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j, \text{ por lo menos para algún par } (i, j)$$

Antes de su aplicación se verificaron los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas de los residuos con la finalidad de corroborar que los datos obtenidos se encuentren aptos para la utilización del modelo estadístico Anova unifactorial. Estas verificaciones fueron reportadas en los Anexos 39-45 del presente documento.

Una vez verificados los supuestos de procedió a la aplicación del modelo de ANOVA; si se rechaza la hipótesis nula de igualdad entre los niveles del factor, se procedió a la aplicación de una prueba de comparaciones múltiples para identificar entre qué niveles existen tales diferencias.

2.5.2.1 Variables y factores del diseño experimental

Para el diseño experimental se tuvo en cuenta las siguientes variables respuesta y factores.

Tabla 3. Variables y factores del diseño experimental

Variable respuesta	Indicador	Factor	Niveles de factor
Poder cubriente	Porcentaje (%)	Pintura látex de color	Tratamiento A
Color	RGB		Tratamiento B
Densidad	g/ml		Tratamiento C
Viscosidad	Pa.s		
Tiempo de secado	Min		

2.5.2.2 *Tratamientos evaluados*

Se trabajó con dos tratamientos de evaluación y un tratamiento patrón tal como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. *Tratamientos evaluados en la experimentación*

Formulación	Tratamientos	Detalle
Patrón	A	Pintura látex marca TAMSA
1	B	Pintura látex formulada con carbonato de calcio de cáscara de huevo + dióxido de titanio
2	C	Pintura látex formulada con carbonato de calcio de cáscara de huevo.

Fuente: Elaboración propia

2.5.3 **Formulaciones de pintura látex elaboradas**

El desarrollo de las formulaciones 1 y 2 se representan en la Tabla 5 y 6 del presente capítulo, mientras que la ficha técnica del tratamiento “A” correspondiente al patrón se detalla en el Anexo 37.

Tabla 5. *Formulación 1 realizada para el tratamiento B*

Insumos	Nombre	Peso(Kg)	Porcentaje (%)
Espesante celulósico	Celulosa HE50000	0.015	0.41
Carga o pigmento	CaCO ₃ cáscara de huevo	1.2	32.60
Pigmento	Dióxido de titanio Synthesia Perú R-2195	0.18	4.89
Antimicrobiano	Triadine	0.003	0.08
Estabilizador de pH	Hidróxido de Amonio al 22 %	0.003	0.08
Agua	Agua	1.78	48.36
Resina	Acrílica estirenada	0.5	13.58
	Total	3.681	100.00

Tabla 6. *Formulación 2 realizada para el tratamiento C*

Insumos	Nombre	Peso(Kg)	Porcentaje (%)
Espesante celulósico	Celulosa HE50000	0.015	0.43
Carga o pigmento	CaCO ₃ cáscara de huevo	1.2	34.28
Antimicrobiano	Triadine	0.003	0.09
Estabilizador de pH	Hidróxido de Amonio al 22 %	0.003	0.09
Agua	Agua	1.78	50.84
Resina	Acrílica estirenada	0.5	14.28
	Total	3.501	100.00

2.5.4 Análisis de la información

Los supuestos de normalidad para cada variable se verificaron a través del gráfico de normalidad de los errores, mientras que el supuesto de igualdad de varianza de los residuos se verificó utilizando el gráfico de errores versus los estimados y aplicando la prueba de igualdad de varianzas de Bartlett.

Para identificar entre qué tratamientos existe diferencias se aplicó la prueba de comparaciones múltiples, además las pruebas de hipótesis se plantearon fijando un nivel de significancia de 0,05 con ayuda del software estadístico MINITAB v14, mientras que los gráficos estadísticos se obtuvieron con ayuda del software IBM SPSS v24.

2.5.5 Parámetros evaluados en el procedimiento propuesto.

Se evaluó y validó parámetros de control en el procedimiento debido al desconocimiento inicial del comportamiento de la muestra.

2.5.5.1 Determinación de parámetros óptimos de secado para la muestra de cáscara de huevo húmeda

Se pesaron 4 grupos de 300-340g de cáscara de huevo (procedente de la separación de membrana) con la finalidad de estimar la cantidad óptima de muestra a colocar por bandeja. Posteriormente, fueron llevadas a secado en un secador de bandeja AALINAT a una temperatura teórica de 60°C. El procedimiento se llevó a cabo por 180 minutos con el fin de calcular el tiempo óptimo de secado, el cual se identificó en la curva de secado.



Figura 25. Secado de muestras de cáscara de huevo. a) Bandejas del secador con muestra b) Distribución de muestra en la bandeja c) Equipo de secado AALINAT

2.5.5.2 *Determinación de curva de secado para muestras de cáscara de huevo.*

Para la construcción de la gráfica de curva de secado, se pesaron las bandejas con muestra cada 10 minutos durante el tiempo óptimo calculado (Anexo 14). Se calculó la temperatura promedio del procedimiento, el porcentaje de humedad de la muestra y el rendimiento del proceso. Así mismo, se obtuvo el gráfico de Temperatura (°C) vs Tiempo descrito en el Anexo 13.

Las muestras de cáscara de huevo evaluadas en este apartado son el resultado de la separación de membrana.

Ecuación 8. Ecuación para determinar el rendimiento de secado

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{Masa_f}{Masa_i} \times 100 \%$$

2.5.5.3 *Determinación del rendimiento global del procedimiento*

El rendimiento global del procedimiento se precisó con la siguiente relación:

Ecuación 9. Ecuación para el rendimiento global del procedimiento experimental

$$\%RG = \frac{W_{t.p < 45 \text{ } \mu m}}{W_{rda}} \times 100 \%$$

Donde W_{rda} es la masa de la cáscara de huevo recolectada y $W_{t.p < 45 \text{ } \mu m}$ es la masa de la cáscara de huevo envasada con un tamaño de partícula menor a 45 μm .

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1 Caracterización de la cáscara de huevo y validación del contenido de CaCO_3

En el presente estudio la muestra de cáscara de huevo recolectada del proceso industrial del Centro de Producción Tottus Bellavista representó un total de 28.73 kg, la cual fue almacenada a 5 °C (Anexo 4) por 3 meses hasta su tratamiento. Además, las masas promedios y porcentaje de los componentes estructurales de la cáscara de huevo se detallaron en la Tabla 7.

Tabla 7. Masa promedio y porcentaje de los componentes estructurales de la cáscara de huevo

	Masa Promedio(g)	Porcentaje masa Promedio (%)
Masa cáscara c/ membrana	6.65	10.23
Masa cáscara s/ membrana	5.68	8.75
Masa de la membrana	0.97	1.48

Las cáscara de huevo provinieron del sancochado de huevos “La calera” (Anexo 1) con una masa promedio de 65.07 g por unidad.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, los resultados de propiedades físicas de densidad y humedad en la muestra de cáscara de huevo se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. *Densidad y humedad de la cáscara de huevo recolectada*

Propiedad física evaluada	Tipo de muestra	Resultado
Densidad	Cáscara de huevo molida	2.28 g/ml
	Cáscara de huevo sin moler	2.35 g/ml
Humedad	Cáscara de huevo sin moler	3.33 %

Nota: Las muestras molidas han pasado por un proceso de separado de membrana, secado y molienda.

Las muestras sin moler han pasado por un proceso de separado de membrana y secado.

En la Tabla 9 se detallan los valores promedios de las coordenadas de color de 12 fotografías de las muestras de cáscara de huevo reportados en coordenadas de color RGB. En adición, los colores identificados por el aplicativo Color Grab TM versión 3.6.1 se reportan en el Anexo 26.

Tabla 9. *Promedio de coordenadas de color en muestras de cáscara de huevo*

Medidas de color	Promedio de coordenadas de color
RGB	209.17, 168.25, 146.08

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, de acuerdo con la Ecuación 1 se determinó el factor de corrección promedio para hallar normalidad corregida de NaOH que fue 0.89 (Anexo 8 y 9), por lo que la titulación inversa se llevó acabo con soluciones de NaOH y HCl con una normalidad corregida de 0.22 N y 0.17 N respectivamente (Anexo 9).

De la misma forma, cabe señalar que la masa promedio de carbonato de calcio de la muestra de cáscara de huevo calculado por la Ecuación 4 fue de 0.027 g (Anexo 10) y que los valores resultantes para la determinación del porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo fueron presentados en la Tabla 10 y explicados en el Anexo 10.

Tabla 10. Porcentaje de carbonato de calcio en cáscara de huevo

Medición	Carbonato de calcio en cáscara de huevo
1	90.0 %
2	89.63 %
3	91.47 %
Promedio	90.37 ± 0.97 %

Fuente: Elaboración propia

De otra forma, la Figura 26 determinó que los parámetros óptimos de secado para las muestras de cáscara de huevo fueron de 100 minutos a una temperatura promedio teórica de 56.67 °C. Además de ello, se determinó que para el equipo utilizado se debe secar 1340 g de cáscara de huevo húmeda sin membrana distribuidas en 4 bandejas de 335 g.

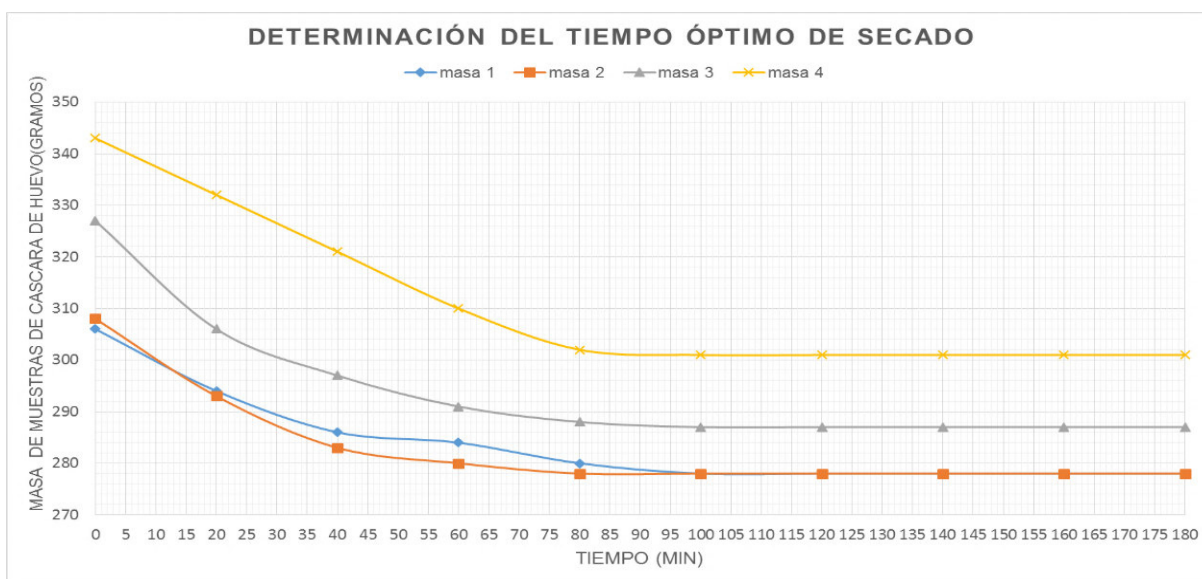


Figura 26. Curva de secado para determinar el tiempo óptimo

Fuente: Elaboración propia.

En otra instancia, la curva de secado de las muestra de interés fue presentada por la gráfica tiempo de secado (min) vs masa de muestra (g), la cual se representa en la Figura 27. Inclusive se determinó que la temperatura promedio experimental fue 55.3 °C (Anexo 13).

Además de ello, se reportó el rendimiento del secado (Tabla 11) teniendo en cuenta la Ecuación 8 para la cual se consideró que las masas iniciales y finales fueron 1371 y 1224 g respectivamente. (Anexo 14).

Tabla 11. Rendimiento de secado para muestras de cáscara de huevo

Muestra evaluada	Parámetro	Resultado (%)
Cáscara de huevo	Rendimiento	89.28

Fuente: Elaboración propia

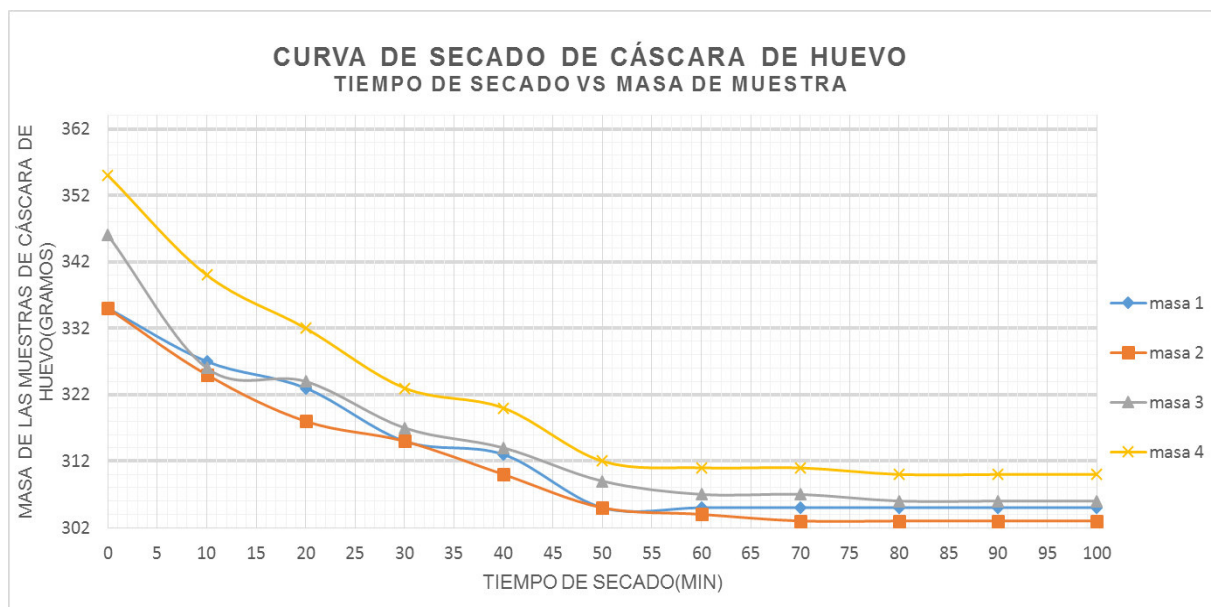


Figura 27. Curva de secado para muestras de cáscara de huevo

Fuente: Elaboración propia

3.2 Obtención de carbonato de calcio de los residuos de cáscara de huevo con un tamaño partícula menor a 45 μm .

El análisis granulométrico de la cáscara de huevo molida se reporta en la Tabla 12, la cual informa el porcentaje de retenido y el porcentaje de pasante obtenidos por el método de vía húmeda para una muestra de 73.81 g.

El detalle del análisis se detalla los Anexos 15 y 16 de la presente investigación.

Tabla 12. Porcentaje de retenido y pasante para el análisis granulométrico de cáscara de huevo molida.

Tamaño(μm)	Malla	Masa Retenida(g)	% Retenido	% Pasante
90	170	26.47	35.86	64.14
63	230	18.80	25.47	74.53
45	325	12.78	17.31	82.69
32	450	11.72	15.88	84.12
25	500	3.14	4.25	95.75
20	635	0.90	1.22	98.78

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, en base a los resultados de la Tabla 12 se obtuvieron las curvas granulométricas % retenido vs abertura (μm) y % Acumulado pasante vs abertura(μm) representados en las Figuras 28 y 29 respectivamente.

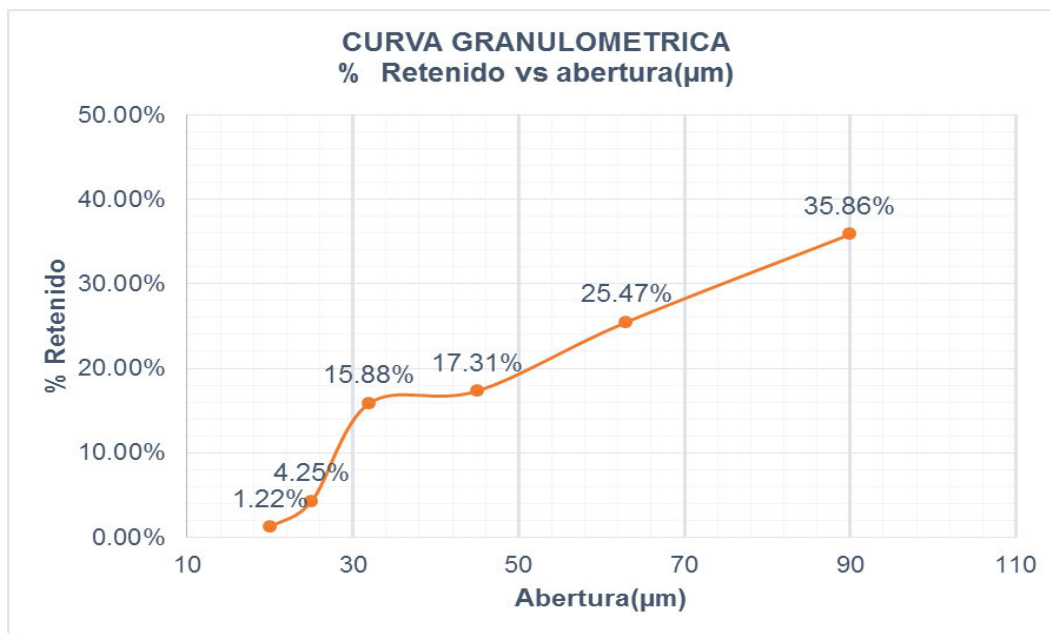


Figura 28. Curva granulométrica % Retenido vs abertura (μm)

Fuente: Elaboración propia

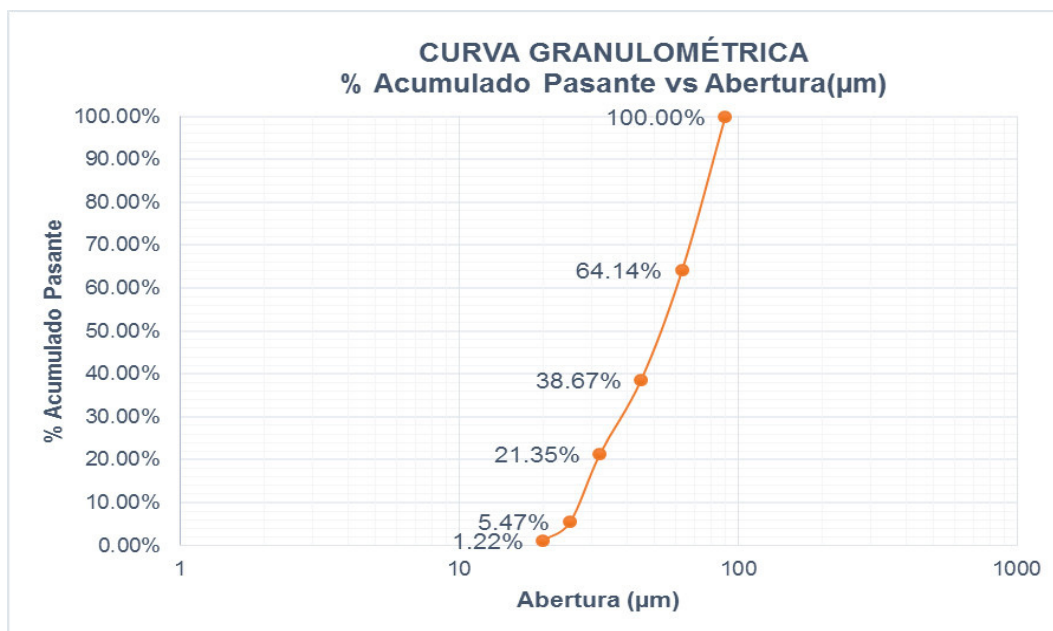


Figura 29. Curva granulométrica % Acumulado pasante vs Abertura (μm)

Fuente: Elaboración propia

Los tamaños medios para las partículas retenidas en los tamices de malla 170, 230, 325, 450, 500, 635 y los valores de retenido(R) fueron reportados en la Tabla 13.

Tabla 13. Valores para determinar el tamaño promedio de cáscara de huevo molida.

Tamiz malla(n)	170	230	325	450	500	635
M(μm)	98	76.5	54	38.5	28.5	22.5
R (g)	26.47	18.80	12.78	11.72	3.14	0.9

Nota: Los valores de “M” son los tamaños medios para cada tamiz

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenido en la Tabla 13 se determinó que el tamaño promedio de la cáscara de huevo molida fue 71.58 μm (Anexo 18).

Para determinar el Rendimiento Global, fue necesario anotar las masas obtenidas al terminar los procesos de separado de membrana proteica, secado y envasado. En la Tabla 14 se detallan los resultados de masas obtenidas en los flujos de proceso (Anexo 2), teniendo en cuenta que la masa de las membranas proteicas separadas más las pérdidas sumaron un total de 5.26 kg.

Tabla 14. Masas obtenidas en el Flujo de proceso

Masas obtenidos	Cantidad(Kg)
Cáscara de huevo recolectada	28.73
Cáscara de huevo separada	23.47
Cáscara de huevo seca	20.92
Cáscara de huevo envasada(menor 45 μm)	3.73

Fuente: Elaboración propia

Adicional a esto, siguiendo la ecuación 9 se logró determinar que el Rendimiento global fue 12.98 %.

3.3 Análisis de las características fisicoquímicas y cualidades de la pintura látex de color formuladas

La Tabla 15 contiene los resultados promedios de tiempo de secado expresados en minutos para los tres tratamientos evaluados. Estos resultados que fueron extraídos del informe presentado en el Anexo 33.

Tabla 15. Resultados promedios de tiempo de secado para tratamientos evaluados

Tratamiento	Tiempo de secado(min)
A	108.33
B	107.67
C	110
Fuente: Elaboración propia	

Adicional a ello, la Tabla 16 representa el promedio ponderado de poder cubriente para los tratamientos A, B y C, los cuales pueden verificarse a detalle en el Anexo 33.

Tabla 16. Resultados promedios de poder cubriente para tratamiento evaluados

Tratamiento	Poder cubriente (%)
A	96.57
B	86.37
C	53.30

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, las evaluaciones realizadas para el análisis de color fueron reportados en la Tabla 17, la cual representa el promedio de los resultados señalados en el Anexo 23. Además, se reporta que la identificación de color detectada por el aplicativo Color Grab fue incluida en el Anexo 27.

Tabla 17. Resultados promedios de color en coordenadas R, G, B

Tratamientos	R	G	B
A	228.67	228.67	228.33
B	244	243	243.33
C	237	234	232.67

Fuente: Elaboración propia

Los promedios ponderados de viscosidad para cada tratamiento fueron detallados en la Tabla 18, mientras que el detalle de los resultados reportados por el viscosímetro rotativo se explican a detalle en el Anexo 28.

Tabla 18. Resultados promedios de viscosidad en los tratamientos evaluados.

Tratamientos	A	B	C
Viscosidad (Pa. s)	10.21	5.79	3.82
	10.03	5.76	3.74
	9.94	5.70	3.70

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los análisis fisicoquímicos, los resultados de densidad para las formulaciones evaluadas fueron reportados en la Tabla 19 y los promedios fueron representados en el Anexo 46.

Tabla 19. Resultados de densidad para los tratamientos evaluados.

Tratamiento	A	B	C
Densidad(g/ml)	1.36	1.29	1.28
	1.36	1.32	1.26
	1.38	1.30	1.27

Fuente: Elaboración propia

Por otro parte, la Tabla 20 muestra los resultados obtenidos en el desarrollo del modelo estadístico de la presente investigación, mientras que los estadísticos descriptivos fueron precisados en el Anexo 46.

Tabla 20. Resultados de ANOVA unifactorial para cada variable respuesta.

Variable respuesta	Estadístico F	p valor
Viscosidad	3780.54	0.000 *
Densidad	46.50	0.000 *
Tiempo de secado	0.78	0.500
Poder cubriente	81250.12	0.000 *
Red	4.01	0.078
Green	3.60	0.094
Blue	4.70	0.059

* Significativo a un nivel de 0.05

Además, los resultados de la prueba Post hoc del ANOVA aplicado a la variable respuesta viscosidad, densidad y poder cubriente son representados en la Tabla 21 del presente capítulo.

Tabla 21. Prueba de Tuckey para la comparación de los tratamientos dos a dos.

Variable Respuesta	Diferencia de medias	Valor T	p valor
Viscosidad			
A con B	4.31	58.14	0.000 *
A con C	6.31	85..07	0.000 *
B con C	2.00	26.93	0.000 *
Densidad			
A con B	0.06	6.22	0.000 *
A con C	0.10	9.49	0.000 *
B con C	0.03	3.27	0.000 *
Poder Cubriente			
A con B	10.20	90.90	0.000 *
A con C	43.27	385.56	0.000 *
B con C	33.07	294.67	0.000 *

* La diferencia de medias es significativa al nivel de 0.05

En relación al análisis estadístico, los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y la prueba de comparaciones múltiples para las variables respuestas con diferencias de medias se detallan en la Tabla 22 y 23 respectivamente.

Tabla 22. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Variable respuesta	H de Kruskal Wallis	p valor
Viscosidad	7.20	0.027 *
Densidad	7.26	0.027 *
Tiempo de secado	1.30	0.522
Poder cubriente	7.32	0.026 *
Red	5.54	0.063
Green	4.36	0.113
Blue	5.60	0.061

* Significativo a un nivel de 0.05

Tabla 23. Pruebas de comparaciones múltiples para variables respuestas viscosidad, densidad y poder cubriente.

Variable respuesta	Estadístico de contraste	p valor
Viscosidad		
A con C	6.31	0.022 *
Densidad		
A con C	6.00	0.021 *
Poder Cubriente		
A con C	43.27	0.020 *

* La diferencia de medias es significativa al nivel de 0.05

En otro orden de ideas, los resultados de las pruebas cualitativas correspondientes a los tres paneles evaluados en el sustrato fueron representados por la Figura 30.

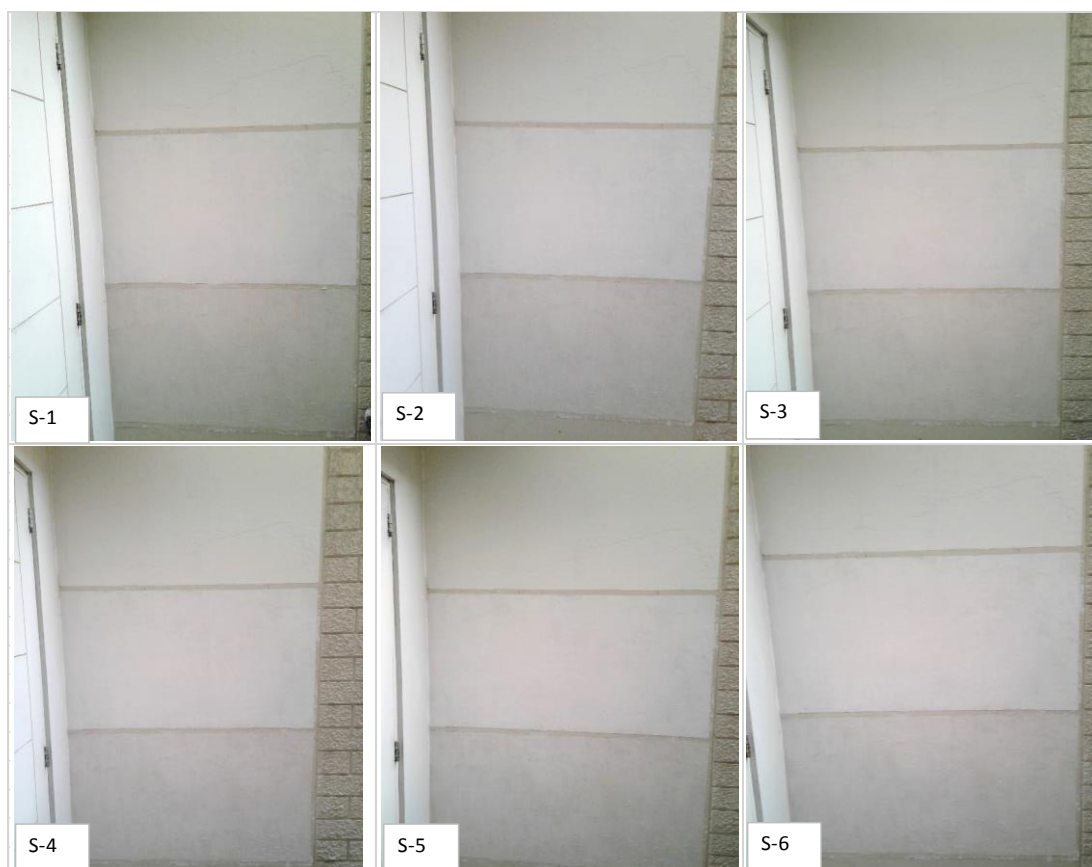


Figura 30. Resultados de la prueba cualitativa de la pintura en el sustrato.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, los resultados de la encuesta dirigida y referencial fueron presentados en la Figura 31. En esta figura, a las preguntas 1,2 y 3 se le atribuyó el color verde, azul y rojo respectivamente con el fin de clasificar mejor las respuestas obtenidas.



Figura 31. Resultados de la encuesta

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

DISCUSION DE RESULTADOS

Según los resultados de la Tabla 7 se puede estimar que la cáscara de huevo recolectada pesa aproximadamente 10.23 % de la masa total del huevo, lo cual es similar a lo presentado por Boro, 2004; citado Windhorst H. & et al. (2014), quien menciona que la cáscara de huevo representa el 10 % del huevo, a su vez el resultado coincide con el reporte de Eunice C., et al (2008), donde se argumenta que este porcentaje oscila entre 9 - 11%.

De otra forma, las densidades de cáscara de huevo molida y sin moler presentan resultados muy similares en esta investigación (Tabla 8), por lo que se asume que el tamaño de partícula de la muestra analizada no influye en los valores de densidad. Adicional a ello, se puede sostener que los valores de densidad obtenidos en la presente investigación son ligeramente diferentes a lo reportado por Dwivedi, S., Sharma, S., & Mishra, R. (2016), donde se verifica que la densidad experimental de cáscara de huevo sin carbonizar oscila entre valores de 2.65-2.78 g/ml, mientras que Castañeda y Stechina (2013) reportaron valores (2.2342 g/ml) más cercanos a lo presentado en la Tabla 8.

En el análisis de color de la muestra de cáscara de huevo, los resultados (Anexo 26) confirman la existencia de diferentes tonalidades para la muestra de cáscara de huevo, por consiguiente se plantea que estos resultados están relacionados con la presencia de pigmentos como protoporfirina, biliverdina y su quelato de cinc propios de la composición de la cutícula conforme lo citado por Eunice C. Y. et al, 2008.

En la Figura 26, se observó que las muestras mantienen una masa constante posterior a los 100 minutos por lo que se asumió a este valor como el óptimo para el proceso de secado, ya que emplear más tiempo aumentaría los costos de operación. Otro aspecto importante es que la temperatura validada de secado es de 55.3°C , la cual difiere a lo propuesto por Solé M.(2017), quien propone un tiempo de secado de 1 hora a 150 °C utilizando bandejas de secado con placas perforadas. Sin embargo, el investigador de esta tesis sugiere que los parámetros de secado validados aseguran la estabilidad del compuesto de interés ya que en la investigación de Ho & et al. (2013) manifiesta que el carbonato de calcio de la cáscara de huevo tiene una estabilidad térmica cercana a los 834°C y que temperaturas superiores causan la descomposición del CaCO_3 en CaO . Dentro del análisis, se afirma que en la operación de secado se logró un rendimiento de 89.28 % (Tabla 11), el cual indica que la humedad de la muestra antes del secado fue 10.72 %, valor que disminuyó hasta el 3.33% (Tabla 8).En este sentido, el autor de esta tesis plantea la importancia de la separación de la membrana proteica ya que coincide con lo sugerido por Sugino, 1997; citado por Eunice C. Y. et al, 2008; quien afirma que la membrana forma una red que retiene la humedad al estar compuesta por 90% de proteína y redes de fibrillas con colágeno tipo X, en añadido se postula que la humedad de la cáscara de huevo podría influir en la proliferación de mohos, levaduras o pseudomonas, microorganismos muy comunes en pinturas según Giudice y Pereyra(2009).

En otro punto de vista, se logró identificar que las pérdidas del proceso fueron 5.26 kg de cáscara de huevo(Tabla 14) , por lo que se recomendaría utilizar sistemas continuos como lo ejecutado en la patente *US 8056844 B2* (2011) y patente *WO 1998041326 A1* (1998) a una escala mayor. También, para evitar las pérdidas mencionadas se debe evaluar separar la membrana con hipoclorito de sodio como lo reportado por Quispe, J., et al. (2009), sin embargo se argumenta que el hipoclorito de sodio en altas concentraciones tiene un efecto blanqueador sobre la cáscara de huevo que podría interpretarse como un cambio en su composición debido al desprendimiento de dióxido de carbono. (A. Guzman, comunicación personal, 6 de Diciembre del 2017).

Por otro lado, el rendimiento global calculado fue 12.98 % (Anexo 19), resultado que demuestra que 1 kg de cáscara de huevo aprovechado con la presente metodología genera 129.8 g de CaCO_3 aptos para ser aplicado en una formulación de pintura látex. No obstante, se identifica que el número de etapas planteadas no favorece un buen rendimiento, en consecuencia se recomienda integrar las etapas y realizar flujos continuos con la finalidad de reducir su manipulación y las pérdidas tal como lo implementado en el estudio del INTI (2016).

En primer lugar, se planteó como hipótesis específica que el contenido de carbonato de calcio de cáscara de huevo es adecuado para ser usado como insumo para pintura látex de color. En este sentido, se determinó que el contenido promedio de carbonato de calcio de cáscara de huevo es de $90.37 \pm 0.97 \%$ (Tabla 10), el cual es un porcentaje inferior a reportado por Stadelman W. & et al. (2017), Eunice C. Y et al (2008), INTI (2016) y Su (2006). Estos autores manifiestan que el carbonato de calcio en la cáscara de huevo es mayor o igual al 94%, sin embargo no mencionan el método utilizado para su determinación. En particular, el autor de la presente investigación plantea que un inadecuado control de la proliferación microbiana causado por un almacenamiento prolongado pudo haber generado el desprendimiento de CO_2 y con ello una disminución del compuesto de interés. Sin embargo, se logró aceptar la hipótesis de investigación ya que el resultado obtenido (Tabla 10) concuerda con el porcentaje de pureza indicado en la ficha técnica del CaCO_3 comercial marca Calcareos (Calcareos, s.f) y con lo indicado por Giudice y et al. (2009) en referencia a la pureza de los extendedores derivados de carbonatos.

De otra forma, en la investigación se propuso como segundo objetivo obtener el carbonato de calcio de los residuos de cáscara de huevo con un tamaño de partícula menor a $45 \mu\text{m}$. Al respecto, se sostiene que el rango propuesto se encuentra dentro de las granulometrías para carbonato de calcio comerciales reportado por Calvo (2011) y descritos en la Figura 16 de la presente tesis. Asimismo, se plantea que partículas muy finas conllevarían a obtener películas muy delgadas con lo cual no se podría cumplir la función de protección de la pintura descrita por Parilla (2011). En contraste, Calvo (2014) manifiesta que un menor tamaño de partícula reduce los espacios huecos del film y por consiguiente aumenta su empaquetamiento. De otro modo, se determinó que el tamaño promedio obtenido en la molienda fue de $71.58 \mu\text{m}$ (Anexo 18), valor que difiere con el objetivo planteado.

Sin embargo, tomando como referencia la Figura 10 citada por Calvo (2011) y al examinar los resultados correspondientes al análisis granulométrico de cáscara de huevo molida (Tabla 12 y Figura 28) se logró evidenciar que el 17.31% del producto molido está por debajo de 45 μm , lo cual verifica el cumplimiento del segundo objetivo. En adición, se declara que este cumplimiento estuvo condicionado a las características técnicas del Molino Eléctrico Y800 (Anexo 32) que son claves para poder obtener un producto con partículas menores a 45 μm , sin contaminantes y en tiempos cortos de operación. Asimismo, la capacidad de molienda de este equipo fue verificada al comprobarse que el 1.22% de la molienda está por debajo de 20 μm (Tabla 12) y además el tiempo de operación de 1 min es inferior a lo empleado en el molino planetario SPEX 800 MIXER MILL reportado por Quispe, J. y et al. (2009) y al molino de bolas utilizado por Solé (2016).

En otro punto de vista, se formuló también como hipótesis específica que la pintura látex de color formulada con carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo presenta características fisicoquímicas y cualidades similares a las comerciales. Con respecto a los resultados fisicoquímicos obtenidos en las Tablas 15, 16, 17, 18 y 19 se pudo afirmar que estos cumplen con los supuestos de normalidad e igualdad de varianzas de los errores necesarios para la aplicación del ANOVA unifactorial ya que para todos los casos los gráficos de probabilidad normal muestran que los puntos se encuentran muy cercanos a la recta (Anexo 39-43). Asimismo, la prueba Bartlett (Anexo 45) afirma que en todos los casos no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianza de los residuos ($p > 0,05$), por ende se concluye que las varianzas de los errores para todas las variables son iguales. En otro orden de ideas, los estadísticos descriptivos (Anexo 46) señalan que en todas las variables respuesta se observaron diferencias en cuanto a la media y mediana de los tratamientos. Después de analizar los datos con ANOVA unifactorial (Tabla 20) se rechaza la hipótesis de que todos los tratamientos son iguales, sólo para la respuesta viscosidad ($F = 3780,54 ; p = 0,000$), densidad ($F = 46,50 ; p = 0,000$) y poder cubriente ($F = 81250,12 ; p = 0,000$). Esto quiere decir que en al menos uno de los tratamientos el promedio es diferente, mientras que para el tiempo de secado, red, green y blue no se rechaza la hipótesis de igualdad por lo que se determina que no existe suficiente evidencia para afirmar que al menos uno de los tratamientos es diferente ni tampoco lo contrario ($p > 0,05$).

En adición, la prueba no paramétrica de Kruskal wallis (Tabla 22) confirma los resultados del ANOVA ya que en dicha prueba sólo se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la viscosidad ($p = 0.027$), la densidad ($p = 0.027$) y poder cubriente ($p = 0.026$). En añadido, los resultados de las pruebas de comparaciones múltiples para Kruskal wallis definieron que para la viscosidad, densidad y poder cubriente sólo se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos A y C (Tabla 23). Con esto último, se puede afirmar que el tratamiento B formulado con 32.60 % de cáscara de huevo y dióxido de titanio al 4.89 % presenta características fisicoquímicas similares al tratamiento patrón que es la pintura látex comercial de la marca TAMSA, verificándose de esa manera la hipótesis planteada. Esta última afirmación se logró sostener al evaluar de manera cualitativa los tratamientos y con la comparación de los resultados con datos técnicos de la industria nacional de pinturas.

En relación al aspecto cualitativo, la Figura 30 muestra que ninguno de los tratamientos evaluados en los paneles evidenció presencia de cuarteamiento ni decoloración durante las seis semanas, a pesar de haber sido sometidas a una temperatura ambiente de 28°C. Por esta razón se asume en base a Schweigger (2005) que la composición química de la cáscara de huevo molida usada como carga influye en la resistencia a la intemperie de las formulaciones propuestas (Tabla 5 y 6). De igual modo, se observa que los paneles B y C mostraron una textura ligeramente más áspera que el panel A, con ello se comprueba que la granulometría de la carga influye en el aspecto del acabado según Schweigger (2005). Al mismo tiempo, se cree que el tamiz de abertura de malla 325 utilizado en la separación haya sido dañado parcialmente por el atasque de cáscara de huevo en sus orificios causando que partículas de mayor tamaño formen parte de la formulación de la pintura. Debido a ello, se debe de considerar métodos más eficientes como el tamizado de chorro de aire (Retsch, s.f). Por otro lado, los resultados de la encuesta (Figura 31) exponen que sólo el 30% de los encuestados identificaron que los paneles B y C contenían cáscara de huevo, así mismo la Figura 31 señala que la mayoría de los encuestados asoció la presencia de cáscara de huevo con el color y textura del panel; a pesar de ello, el 90% afirma que consideraría comprar este tipo de pintura luego de conocer los beneficios que trae consigo.

Dentro de las comparaciones técnicas, Alonso(2013) mencionó que la densidad debe ser verificada al cambiar una materia prima, por ello al comparar las medias obtenidas para densidad (Tabla 19 y Anexo 46) con las fichas técnicas recopiladas por Grupo Carlitos (s.f), se verifica que la pintura látex Supermate A de la marca Vencedor tiene una densidad de 1.25 g/ml, valor que es similar a lo obtenido en el tratamiento C, de la misma manera la marca Tecnolates reportó un valor de 1.35 g/ml similar a los resultados presentados(Tabla 19).De la misma forma, la ficha técnica de la pintura látex Maestro Superior Anypsa (Grupo Carlitos,s.f) muestra que el tiempo de secado en dicha pintura comercial está en un rango de 60 a 120 minutos, parámetro que coincide con las medias obtenidas en el tratamiento B y C (Tabla 15). Con respecto al poder cubriente, Karakas, F. & Celik, M. (2012) afirman que el poder cubriente mínimo para pinturas es de 95.4 %, dato que corrobora que existe diferencias significativas entre los tratamientos para el poder cubriente (Tabla 20), por esta razón se plantea que el carbonato de calcio de cáscara de huevo no aporta un correcto poder cubriente por lo que se debe incluir en la formulación dióxido de titanio (tratamiento B) para obtener valores más aceptables. Adicionalmente, se considera que el pigmento obtenido puede ser cualificado para pintura de color tipo pasteles mas no para pintura blanca debido a su bajo poder cubriente descrito en el tratamiento C (Tabla 16).

En efecto, la presente investigación acepta la hipótesis general, la cual indica que los residuos de cáscara de huevo pueden ser aprovechados como insumo para elaborar pintura látex de color con características fisicoquímicas y cualidades similares a una comercial. En consecuencia, esto prueba lo afirmado por el INTI (2016), donde se hace referencia a la obtención de pintura látex de cáscara de huevo con parámetros de calidad aceptables en pintura. Un aspecto adicional a destacar es que a pesar de que en la presente tesis se duplicó el 15 % de carbonato de calcio de cáscara de huevo utilizado en los tratamientos de Solé (2017), se obtuvieron resultados satisfactorios. Por último, es importante considerar que la implementación de cambios en la fórmula de la pintura puede mejorar o empeorar las propiedades en las que influyen los pigmentos de relleno o cargas sobre el producto final tal como lo hace notar Solé (2016).

CONCLUSIONES

Como conclusión general, en la presente tesis se logró aprovechar los residuos de cáscara de huevo como insumo para la elaboración de pintura látex de color. Además, se concluye lo siguiente:

- Se verificó mediante el método de titulación inversa que los residuos de cáscara de huevo provenientes de un proceso industrial contienen 90.37 ± 0.97 % de carbonato de calcio, porcentaje que es adecuado para ser usado como insumo para pintura látex de color.
- El análisis granulométrico afirmó que se obtuvo carbonato de calcio de residuos de cáscara de huevo con un tamaño de partícula menor a $45 \mu\text{m}$.
- Se determinó que el tratamiento B correspondiente a una pintura látex de color formulada con CaCO_3 de cáscara de huevo al 32.60% y dióxido de titanio al 4.89% tiene características fisicoquímicas y cualidades similares a una pintura látex marca TAMSA.

RECOMENDACIONES

- Determinar en qué medida el contenido de materia orgánica de la cáscara de huevo afecta al porcentaje de carbonato de calcio y la estabilidad de la pintura.
- Analizar el efecto de diferentes tamaños de partículas de cáscara de huevo sobre la textura, poder cubriente y estabilidad de la pintura látex.
- Mejorar la formulación propuesta en esta investigación considerando ciertos factores de calidad no considerados en el trabajo con la finalidad de introducir el producto en el mercado de pinturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. (2013), *PINTURAS, BARNICES y AFINES: Composición, formulación y caracterización*. Recuperado de <http://oa.upm.es/39501/1/ControlCalidadPinturas.pdf>.
- Arias, R. y Meneses, J. (2016). Caracterización físico-química de residuos agroindustriales (cascarilla de arroz y cascarilla de café), como materia prima potencial para la obtención de bioetanol. *Repositorio UNAN*. Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/3793/1/53860.pdf>
- Baláž, M. (2014). Eggshell membrane biomaterial as a platform for applications in materials science. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2014.03.020>
- Brun, L., Lupo, M., Di Loreto, V., Delorenzi, Damián. & Rigalli, A. (2013) .Chicken eggshell as suitable calcium source at home .doi: 10.3109/09637486.2013.787399
- Calcareos (s.f). Ficha técnica del producto “Carbonato de calcio C-95-10”. Recuperado de http://www.calcareos.com/pp_carbonato_de_calcio_c_95_10.php
- Calvo, J. (2011). *Pinturas y recubrimientos Introducción a su tecnología*. Editorial Díaz de Santos. Recuperado de <https://books.google.com/>
- Calvo, J. (2014). *Pinturas y barnices- Tecnología básica*. Editorial Díaz de Santos. Recuperado de <https://books.google.com/>
- Castañeda, M. y Stechina, D. (2013). Alternativa ecoeficiente para el aprovechamiento de cáscara de huevo, residuo derivado de la industria de ovoproductos. Repositorio digital UNLP. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49186>
- Condorhuaman, C. (2017). Caracterización de partículas sólidas. *UNMSM*.
- Contreras, S., Gutierrez, N., Osorio, L.(2017) Boletín estadístico mensual de la producción y comercialización avícola: Diciembre 2017. Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=boletin-estadistico-mensual-de-la-produccion-y-comercializacion-avicola-2017>

- Cubero, N. & Monferrer, A. (2009). *ES 2327087A1*. Activo. España. Method to separate the inner membrane of the egg shell. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/ES2327087A1/es?q=ES2327087A1>
- Cury, K. & et al. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. doi: 10.24188/recia.v9.nS.2017.530
- Dirección General de Políticas Agrarias (2016). Evolución de producción y precios del huevo-Octubre 2016. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/evolucion-precios-mayoristas/evol-precios-2016?download=9974:evolucion-de-precios-de-huevo-octubre-2016>.
- Dwivedi, S., Sharma, S., & Mishra, R. (2016). Characterization of waste eggshells and CaCO_3 : Reinforced AA2014 green metal matrix composite: A green approach in the synthesis of composites. doi: 10.1007/s12541-016-0164-z
- Eggново (12 septiembre 2016). Las soluciones Eggново superan sus primeros test pre-comercialización. Navarra Capital. Recuperado de <http://navarracapital.es/las-soluciones-eggново-superan-susprimeros-test-pre-comercializacion/>
- Eunice, C., Li, Ch. & Kim, H. (2008). Structure and chemical composition of eggs. Egg Bioscience and Biotechnology. doi: 10.1002/9780470181249.ch1
- Flores, S. (2018). Santiago Eleodoro Flores Merino. Proyecto N° 166-2015-FONDECYT-DE: "Síntesis y caracterización de resinas alquídicas a base de aceite vegetal de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*)". Recuperado de <http://www.pucp.edu.pe/profesor/santiago-flores-merino/investigaciones/?anio=2017>
- Francis, A. & Rahman, M. (2016). The environmental sustainability of calcined calcium phosphates production from the milling of eggshell wastes and phosphoric acid. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.029>
- Giudice, C. y Pereyra, A. (2009). Tecnología de pinturas y recubrimientos: Componentes, Formulación, Manufactura y Control de calidad. Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/A-TecPin_I_a_V.pdf

- Gonzalez, L., Montenegro, L. Y Giraldo P. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Repositorio digital UNAD*. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2040>
- Grupo Carlitos (s.f). Productos Fichas Técnicas de pinturas. Recuperado de <https://www.gcsac.com.pe/>
- Guanchez, C. (2017). Estimado Lcdo Carlos Guanchez. Archivo adjunto utilizado.[carlosguanchez1976@gmail.com] [Fecha de consulta: 29 de Mayo del 2017]
- Guzman, F. (2011). Obtención de Citrato de calcio de la cáscara de huevo y su utilización en diferentes dosis (0.1, 0.2, 0.3 %) para elaboración de salchichas Frankfurt. (Tesis de pregrado). *ESPOCH*. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/833>
- Ho, W., Hsu, C., Hsu, S., Hung, C., & Wu S. (2013). Calcium phosphate bioceramics synthesized from eggshell powders through a solid state reaction. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.01.076>.
- Huayta, F. Y Alvarez, E. (2016) .Fredy Vicente Huayta Socantaype.Lima-Perú. Departamento de Ingeniería Sección de Ingeniería Industrial PUCP. Recuperado de <http://www.pucp.edu.pe/profesor/fredy-huayta-socantaype/investigacion/>
- Huiman, A. (2016). ¿Sabías que Perú genera 18 131 toneladas de basura al día? .Clima de cambios PUCP. Recuperado de <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/sabias-que-peru-genera-18-131-toneladas-de-basura-al-dia/>
- Instituto de Estudios del huevo (2009). *El gran libro del huevo*. Recuperado por <http://institutohuevo.com/wp-content/uploads/2017/07/EL-GRAN-LIBRO-DEL-HUEVO.pdf>
- INTI (2016). El valor de los residuos Distintos modos de Reducir, Reutilizar, Reciclar y Revalorizar residuos industriales. Recuperado de https://www.inti.gob.ar/ambientesg/pdf/El_valor_de_los_residuos.pdf
- Jaramillo, G. y Zapata L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. *Repositorio digital UDEA* .Recuperado de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/handle/10495/45>

- Karakas, F., Celik, M. (2012). Effect of quantity and size distribution of calcite filler on the quality of water borne paints. doi:10.1016/j.porgcoat.2012.02.002
- Laca, A., Laca, A. & Díaz, and M. (2017). Eggshell waste as catalyst, Journal of Environment Management: A review. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.088
- Leyton, F. (27 de Marzo 2016).El drama de los residuos sólidos en Lima. Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/ciudad/el-drama-de-los-residuos-solidos-en-lima-662594/>
- Loomatix (2018). Recuperado de <http://www.loomatix.com/home/index>
- Macneil, J. (1998). WO 1998041326 A1 . Waste egg shell components recovery.s.f. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/WO1998041326A1/en?q=WO+1998041326+>
- Marina, J. y Yalta, J.(2014).Influencia del alimento balanceado con tres niveles de inclusión de harina de cáscara de huevo, en el crecimiento y en la resistencia a la fractura de la concha del “churo”,*Pomacea maculata(ampullaridae)*,cultivados en jaulas, en el centro de investigación, experimentación y enseñanza, piscigranja Quistococha. . (Tesis de pregrado).*Repositorio digital UNAP.* Recuperado de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/3490>
- Mijan, M., Choi,K. & Kwak, H. (2014).Physicochemical, microbial, and sensory properties of nanopowdered eggshell-supplemented yogurt during storage. doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7367>
- Mijan, M., Kim, D. & Kwa, H. (2013).Physicochemical properties of nanopowdered eggshell.doi: 10.1111/ijfs.12451.
- Parilla P. (2011). Pinturas y Recubrimientos. *Universidad De San Carlos De Guatemala. Guatemala de la Asunción.* Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2967.pdf
- Park, S., & et al. (2016). Eggshell membrane: Review and impact on Engineering, Biosystems engineering. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.014>


- Quispe, J. & et al. (2009), Estudio comparativo entre bioapatita e hidroxiapatita sintética obtenida por precipitación química y síntesis mecanoquímica. Revista de Investigación de Física UNMSM. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/fisica/article/view/8717>
- Retsch (s.f).Tamizadora a chorro de aire AS 200 jet. Recuperado de <https://www.retsch.es/es/productos/tamizado/tamizadoras/as-200-jet/funcionamiento-caracteristicas/>
- Reyes, C. (2016).Situación del manejo de residuos sólidos en el sector agrario. Recuperado de sial.segat.gob.pe/download/file/fid/55006
- Rodriguez, L. Y Salazar, D. (2017).Desarrollo y evaluación de un material absorbente a partir de residuos orgánicos para la absorción de Cu+2 en soluciones sintéticas. (Tesis de grado).*Repositorio UNSA*. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3442/Mtsacad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sádaba (2017).Eggnovo, la empresa navarra que aplica la cáscara de huevo a la salud. Entrevistado por Efe Emprende. Recuperado de <https://www.efemprende.com/noticia/eggnovo-la-empresa-navarra-aplica-la-cascara-huevo-la-salud-exporta-diez-paises/>.
- Sanchez, E. Y Huanio, L. (2017). Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del Valle del Santa (Tesis de pregrado). *Repositorio Universidad del Santa* .Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2984>
- Schweigger (2005).Manual de pinturas y recubrimientos plásticos. Editorial Díaz de Santos. Recuperado de <https://books.google.com/>
- Solé, M. (2017). Consulta sobre proyecto cascara de huevo. [msole@inti.gob.ar].[Fecha de consulta: 5 de Junio del 2017]
- Solé, M. (2016). Valorización de Residuos Agroindustriales: Estudio realizado sobre la cáscara de huevo. Recuperado de <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/10/Sol%C3%A9.pdf>
- Stadelman, W. & Cottenill, O. & Newkirk D, Newby L. (2017).*Egg science and Technology*. Recuperado de

<https://www.google.com.pe/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Debbie+Newkirk%22>

- Su, Ch. (2006). Effects of eggshell powder addition on the extrusion behaviour of rice. *Journal of Food Engineering*. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.02.019
- Thoroski, J. (2000). *US 6649203*. Activo. Estados Unidos. Eggshell processing methods and apparatus. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US6649203B1/en?q=US+6649203>
- Torres J. (2010). Obtención y caracterización de hidroxipatita porosa a partir de cáscara de huevo y tunicina. (Tesis de grado). *Repositorio Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias*. Recuperado por <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131392/Obtencion-y-caracterizacion-de-hidroxiapatita-porosa-a-partir-de-cascara-de-huevo-y-tunicina.pdf?sequence=1>
- Universidad de Sevilla (s.f). Capítulo 3 Espacios de color. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11875/fichero/Proyecto+Fin+de+Carrera%252F3.Espacios+de+color.pdf>
- Vlad, V. (2011) *U.S Patent US 8056844 B2*. Estados Unidos. Eggshell membrane separation method. Recuperado de [https://patents.google.com/patent/US8056844B2/en?q=US+8056844+](https://patents.google.com/patent/US8056844B2/en?q=US+8056844)
- Windhorst, H. & IEC Statistical Analyst (2014). *Global egg production dynamics - past, present and future of a remarkable success story*. Recuperado de http://www.internationalegg.com/wp-content/uploads/2015/08/Economics-Report-StatsReportSept14_web.pdf
- Yew, M. & Ramli, N. & Yew, M.K & Amalina, M.A. & Johan, M.R (2015). Eggshells: A novel bio-filler for intumescent flame-retardant coatings. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2015.01.003>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de huevo “La Calera”

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	Código	CAL-FT-AC-06
	FICHA TÉCNICA DE HUEVO GRANEL ECONOMICO	Versión	01
		Inicio de Vigencia	17/11/15
		Reemplaza a	CAL-FT-AC-38 V.01 (23/04/14)
	CARGO	NOMBRE	FIRMA
ELABORADO POR:	Supervisor de Calidad	Francis Vásquez	
REVISADO POR:	Jefe de Calidad	Erick Olivas	
	Jefe de Producción	Guillermo Miller	
	Gerente Canal Moderno	Eduardo Santacroce	
AUTORIZADO POR	Gerente de Calidad	David Arriz	


1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Los huevos son óvulos de gallina (*Gallus gallus*) completamente evolucionados, con sus reservas de sustancias nutritivas y revestimiento calcáreo íntegro.

2. PAÍS DE ORIGEN: Perú.

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES.

Huevo económico		Pardo	Blanco
FISICOQUÍMICAS			
Altura de cámara de aire (mm)		<5	
Peso Neto por Paquete (Kg)		Venta x Kg	
MICROBIOLÓGICO (En el contenido del huevo)			
Recuento Total AMV (ufc/g)		10-100	
Salmonella (en 25g)		Ausencia	
SENSORIALES			
Color Yema		Roche 5-10	
Sabor y Olor		Característico al huevo	
Plumas mayores a 1cm		< 2%	
Porosidad	GRADO 2	Máx. 2%	
Manchado	GRADO 2	Máx. 5%	
	GRADO 3	Máx. 1.5%	
Inyección		Sí : 75%	Sí : 75%
		No	

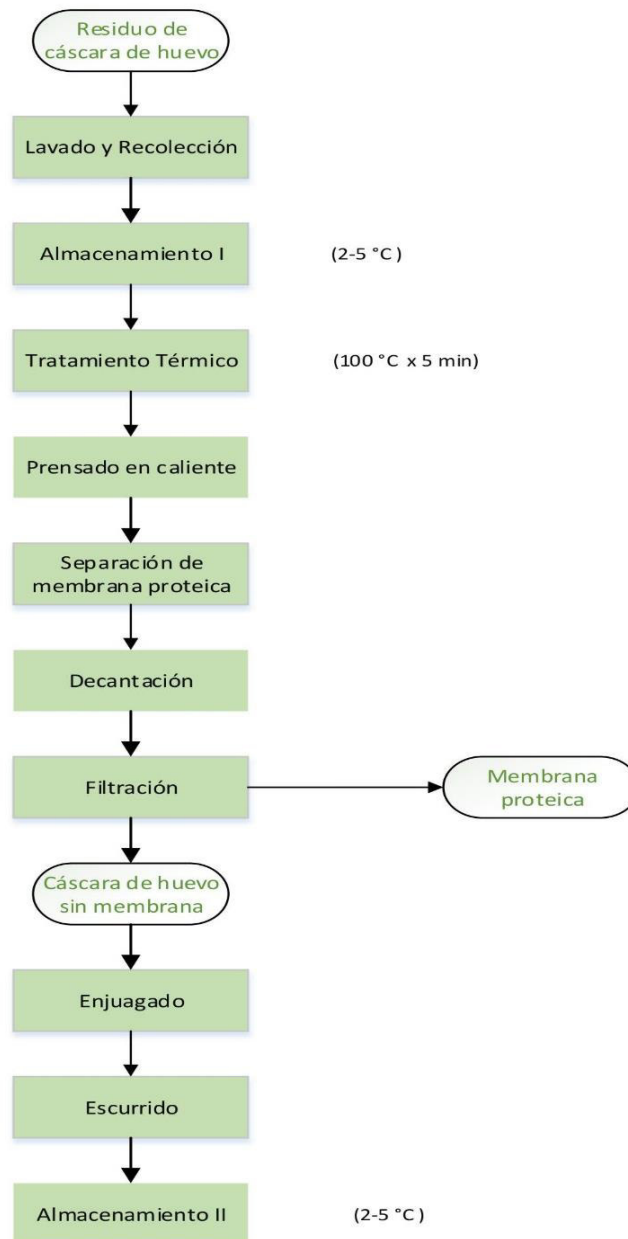
	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	Código	CAL-FT-AC-06
	FICHA TÉCNICA DE HUEVO GRANEL ECONOMICO	Versión	01
		Inicio de Vigencia	17/11/15
		Reemplaza a	CAL-FT-AC-38 V.01 (23/04/14)
	CARGO	NOMBRE	FIRMA
ELABORADO POR:	Supervisor de Calidad	Francis Vásquez	
REVISADO POR:	Jefe de Calidad	Erick Olivas	
	Jefe de Producción	Guillermo Miller	
	Gerente Canal Moderno	Eduardo Santacroce	
AUTORIZADO POR	Gerente de Calidad	David Arriz	

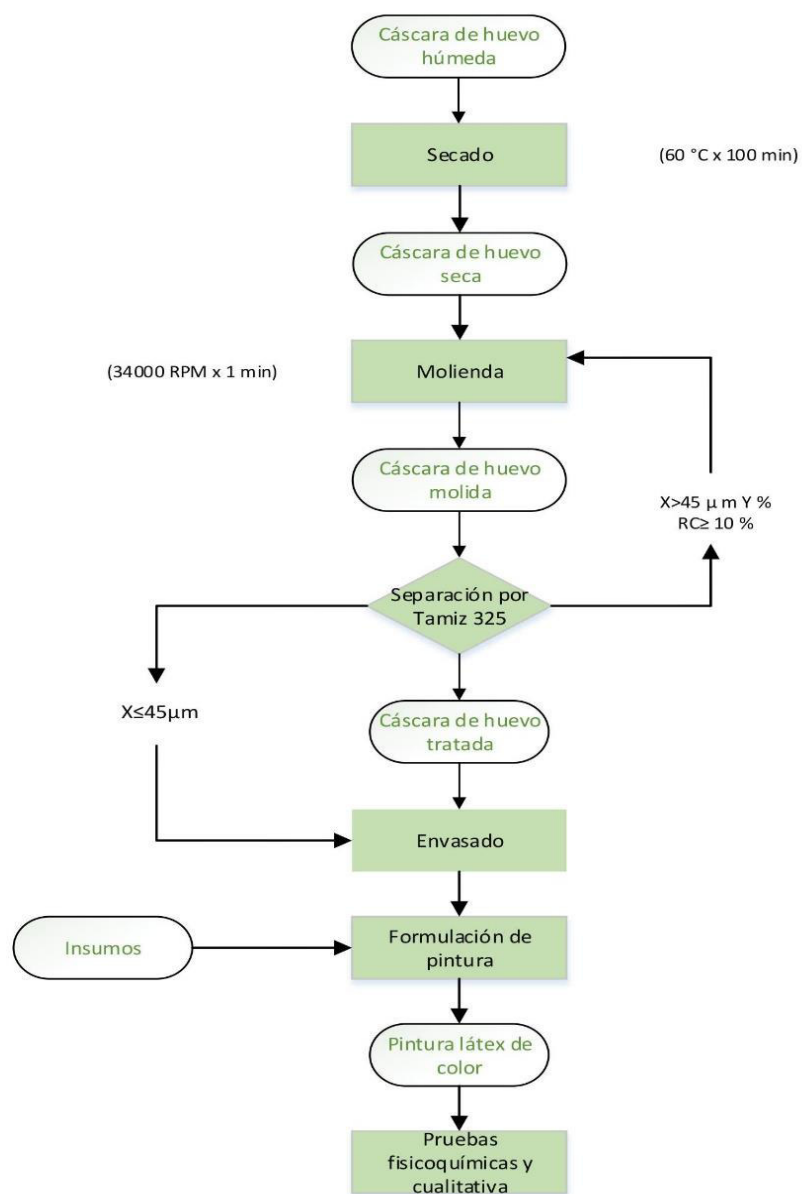
ANEXO 1

TABLA DESCRIPTIVA POR ATRIBUTOS DE APARIENCIA

ROTO	Cáscara dañada, contenido del huevo expuesto	
QUIÑADO	Huevo golpeado, contenido no expuesto	
POROSIDAD	0	Sin poros visibles
	1	Con poros pequeños visibles
	2	Con poros grandes y visibles
MANCHADO	0	Sin suciedad visible
	1	Con manchas muy leves
	2	Con manchas leves
COLOR	0	Color pardo intenso
	1	Color pardo leve
	2	Color pardo blanquizco

Anexo 2. Diagrama de Flujo del procedimiento





Anexo 3. Generación de residuos de cáscara de huevo de la empresa industrial



Generación de cáscara de huevo



Producto comestible y residuo



Pesado de huevo sancochado para productos



Huevo sancochado envasado al vacío

Anexo 4. Fotos del procedimiento experimental Parte I



Anexo 5. Fotos del procedimiento experimental Parte II



Anexo 6. Estandarización de HCl y NaOH

		
Reactivo de NaOH	Pesado de NaOH	Disolución del NaOH en agua destilada
		
Reactivo de HCl	Pesado de Biftalato de potasio	Solución preparada de Biftalato de Potasio
		
Resultado de la estandarización de HCl	Solución de NaOH estandarizada	Solución de HCl estandarizada

Anexo 7. Foto de la titulación inversa para determinar el % de CaCO_3 de cáscara de huevo

	
<p>Pesado de muestra de cáscara de huevo molida</p>	<p>Solución de cáscara de huevo en reacción con HCl</p>
	
<p>Inicio de la titulación inversa</p>	<p>Final de la titulación inversa</p>

Anexo 8. Ejemplo de cálculo para el Factor de corrección

Con los siguientes datos:

$$Eq = 204.22$$

$$N_{sc} = 0.25 \text{ N}$$

Considerando los valores de “a” y “V” descritos en la siguiente tabla:

a (g)	V(ml)
0.93	20.1
1.02	23.6
1.05	22.8

Teniendo en cuenta la Ecuación 1

$$F = \frac{a / Eq}{Vx(\frac{N_{sc}}{1000})}$$

Tomando los primeros datos se tuvo para el primer cálculo del factor de corrección lo siguiente:

$$F1 = \frac{0.93 / 204.22}{20.1x(\frac{0.25}{1000})}$$

$$F1 = 0.906$$

Anexo 9. Valores resultantes en valoración de NaOH y HCl

Factor	N _c NaOH	N _c HCl
0.906	0.227	0.175
0.847	0.212	0.163
0.902	0.222	0.174
$\bar{F} = 0.889$	$\bar{N}_c = 0.22$	$\bar{N}_c = 0.17$

Anexo 10. Ejemplo de cálculo para $W_{CaCO_3(Cas.H)}$ y $\%CaCO_3(Cas.H)$

$w_{CaCO_3(Cas.H)}$ (g)	N_{NaOH}	N_{HCl}	V_{HCl} (L)	V_{NaOH} (L)
0.027	0.22	0.171	0.09	0.068
0.028	0.22	0.171	0.09	0.067
0.027	0.22	0.171	0.09	0.07

Con la ayuda de la Ecuación 4.

$$w_{CaCO_3(Cas.H)} = (N_{HCl} \times V_{HCl} - N_{NaOH} \times V_{NaOH}) * PE_{CaCO_3}$$

Con los datos obtenidos se tiene que el peso promedio de carbonato de calcio en la cáscara de huevo fue:

$$w_{CaCO_3(Cas.H)} = 0.027 \text{ g}$$

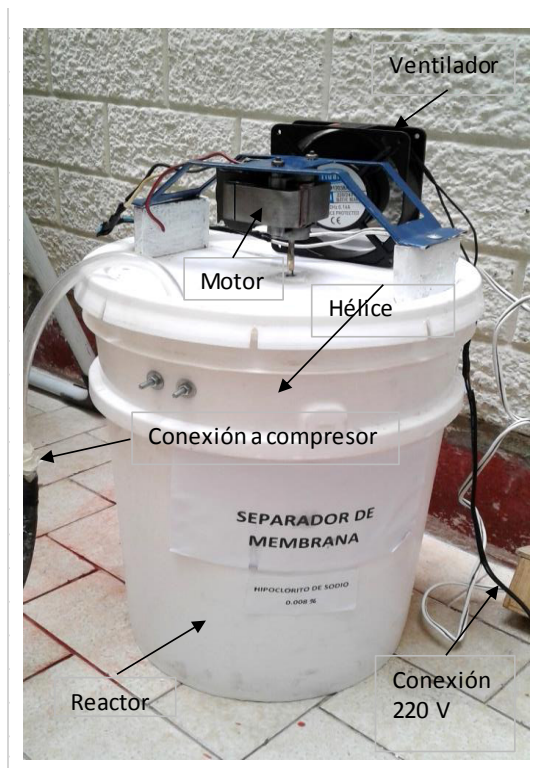
Por lo tanto, para determinar el $\%CaCO_3 (Cas.H)$, se reemplazó los datos en la Ecuación 5.

$$\%CaCO_3 (Cas.H) = \frac{W_{CaCO_3(Cas.H)}}{W_{cáscara\ de\ huevo}} \times 100$$

$$\%CaCO_3 (Cas.H) = \frac{0.027}{0.03} \times 100$$

$$\%CaCO_3 (Cas.H) = 90.37 \%$$

Anexo 11. Partes del Separador de membrana



Anexo 12. Datos técnicos del compresor y hélice del separador de membrana

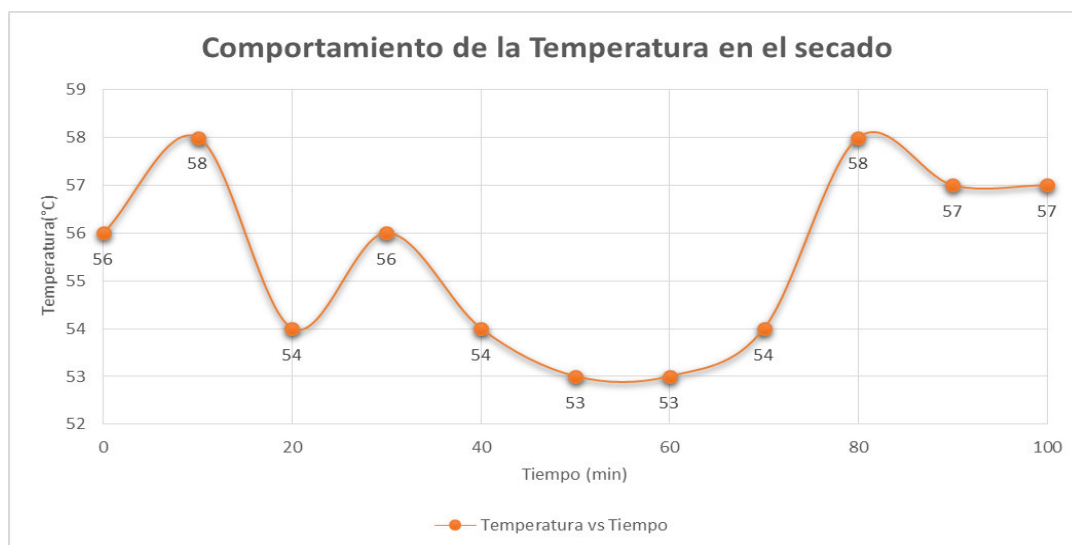
Datos técnicos del compresor de aire

MARCA	General Electric
PATENTE	U.SPAT.RE-16654
POTENCIA	1 HP
AMPERIO	220 V
CAUDAL	90 L/min
VELOCIDAD	1500 RPM

Datos técnicos de la hélice

Altura	31.8 cm
Diámetro	16.6 cm
Velocidad de agitación	60 RPM

Anexo 13. Comportamiento de la temperatura en el secado



Anexo 14. Datos para la elaboración de la curva de secado de cáscara de huevo

T (min)	M1+B1	M1	M2+B2	M2	M3+B3	M3	M4+B4	M4
0	1130	335	1140	335	1140	346	1145	355
10	1122	327	1130	325	1120	326	1130	340
20	1118	323	1123	318	1118	324	1122	332
30	1110	315	1120	315	1111	317	1113	323
40	1108	313	1115	310	1108	314	1110	320
50	1100	305	1110	305	1103	309	1102	312
60	1100	305	1109	304	1101	307	1101	311
70	1100	305	1108	303	1101	307	1101	311
80	1100	305	1108	303	1100	306	1100	310
90	1100	305	1108	303	1100	306	1100	310
100	1100	305	1108	303	1100	306	1100	310
Bandeja 1	795 g							
Bandeja 2	805 g							
Bandeja 3	794 g							
Bandeja 4	790 g							
Masa total inicial	1371 g							
Masa total final	1224 g							

Anexo 15. Resultados obtenidos en el tamizado de cáscara de huevo molida

MALLA	X (μm)	W vaso + m	W vaso	W masa retenida	%retenido	%pasante
170	90	60.99	34.52	26.47	35.86	64.14
230	63	48.85	30.05	18.80	25.47	74.53
325	45	46.41	33.63	12.78	17.31	82.69
450	32	40.46	28.74	11.72	15.88	84.12
500	25	37.15	34.01	3.14	4.25	95.75
635	20	30.9	30.00	0.90	1.22	98.78

Anexo 16. Datos para determinar las curvas granulométricas

MALLA	Diámetro (μm)	W masa retenida	%retenido	% Acumulante pasante	% Acumulante retenido
170	90	26.47	35.86	100.00	0.00
230	63	18.8	25.47	64.14	35.86
325	45	12.78	17.31	38.67	61.33
450	32	11.72	15.88	21.35	78.65
500	25	3.14	4.25	5.47	94.53
635	20	0.9	1.22	1.22	98.78

Anexo 17. Equivalencias para designación ISO y ASTM

DESIGNACION		
ISO	ASTM	TYLER
150 μm	N o.100	100 mesh
125 μm	N o.120	115 mesh
106 μm	N o.140	150 mesh
90 μm	N o.170	170 mesh
75 μm	N o.200	200 mesh
63 μm	N o.230	250 mesh
53 μm	N o.270	270 mesh
45 μm	N o.325	325 mesh
38 μm	N o.400	400 mesh
32 μm	N o.450	450 mesh
25 μm	N o.500	500 mesh
20 μm	N o.635	635 mesh

Fuente: Condorhuaman (2017)

Anexo 18. Ejemplo de cálculo para determinar el tamaño promedio de cáscara de huevo molida en micrómetros.

Con la Ecuación 6 ,7 y los datos de la Tabla 13 se halló lo siguiente:

$$M_{170} = \frac{t_{170} + t_{140}}{2} = \frac{106 + 90}{2}$$

$$M_{170} = 98 \mu\text{m}$$

$$\bar{X} = \frac{98x(35.86\%) + 76.5x(25.47\%) + 54x(17.31\%) + 38.5x(15.88\%) + 28.5x(4.25\%) + 22.5x(4.25\%)}{35.86\% + 25.47\% + 17.31\% + 15.88\% + 4.25\% + 1.22\%}$$

$$\bar{X} = 71.58 \mu\text{m}$$

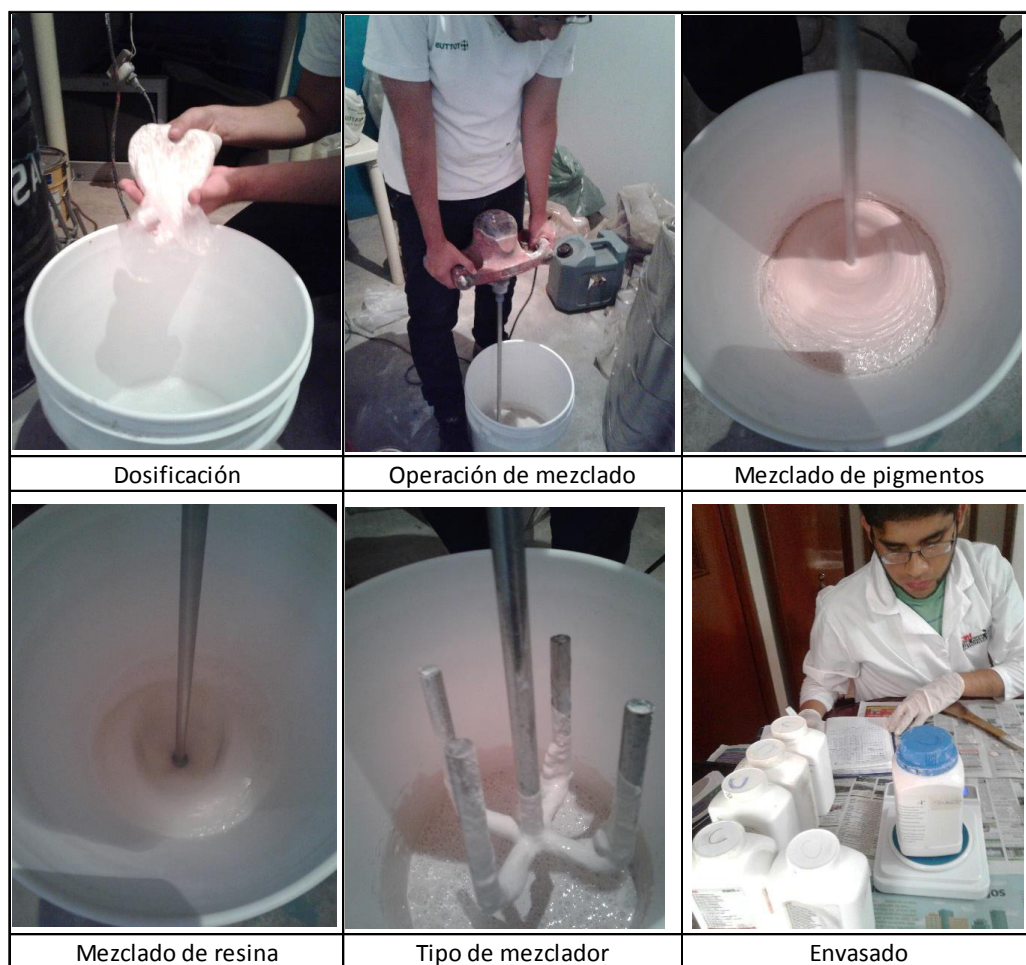
Anexo 19. Ejemplo de cálculo para determinación de Rendimiento global

Con la Ecuación 9:

$$\%R = \frac{3.73}{28.73} \times 100 \% ,$$

$$\%R = 12.98 \%$$

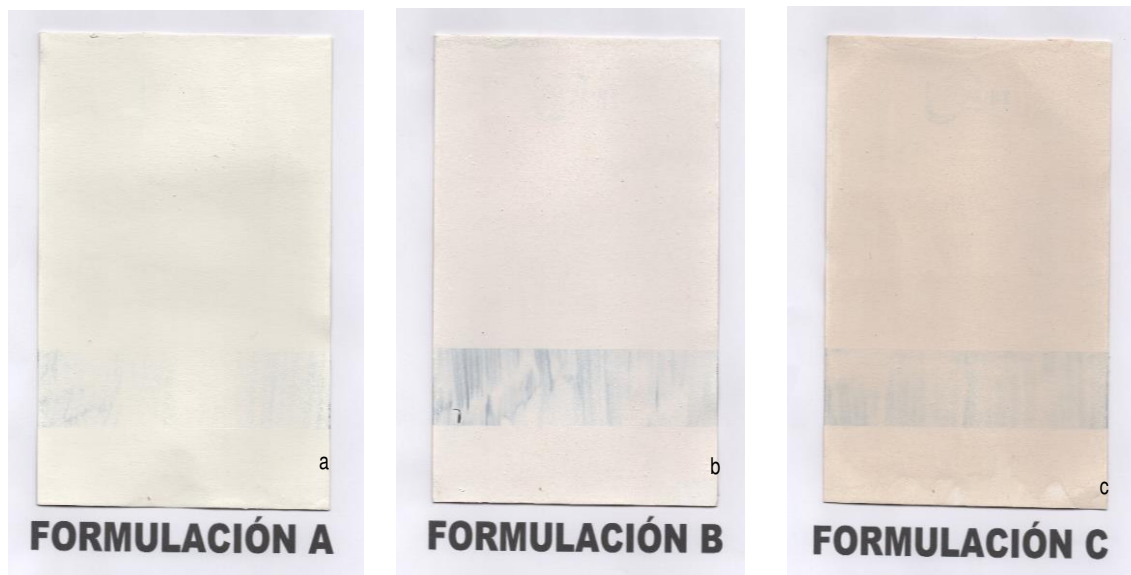
Anexo 20. Procedimiento de elaboración de pintura látex



Anexo 21. Preparación de superficie para pruebas cualitativas

		
Delimitación de superficie	Ligado de superficie	Secado de pared

Anexo 22. Muestras para análisis de color



Anexo 23. Resultados de coordenadas de color en RGB para los tratamientos evaluados

Tratamientos	R	G	B
A	224	224	224
	222	222	222
	240	240	239
B	249	248	248
	242	242	242
	241	239	240
C	237	235	234
	241	237	235
	233	230	229

Los resultados en RGB fueron extraídos del Anexo 27

Anexo 24. Medición de densidad bajo el método de la probeta para tratamientos A, B y C



Anexo 25. Características técnicas del aplicativo Color Grab TM versión 3.6.1

Fabricante	Loomatix
Características generales	Color Grab es una aplicación de digitalización de color portátil que facilita la captura de colores en cualquier lugar. Además, permite exportar colores a proyectos de aplicaciones de diseño favoritas, como Photoshop, CorelDRAW, GIMP, Inkscape y AutoCAD y permite una selección de los siguientes modelos de color: RGB, Hex, HSV, HSL, Lab según el análisis a ser implementado.
Instrucciones de uso	Apunte la cámara de su teléfono inteligente a cualquier color que desee capturar, toque la pantalla y el color se selecciona al instante.
Ventajas	Permite elegir colores de cualquier superficie y no solo superficies sólidas, sin contacto directo o accesorios externos, por ejemplo, cielo, puesta de sol, fluidos, agua, peces en el acuario, gases, suelo, pantalla del monitor, luz ambiental, entre otros.
Fundamento tecnológico	La compañía tecnológica Loomatix es especialista en el desarrollo de tecnologías de identificación de color, la cual basa sus productos en algoritmos avanzados (patentados).
Campo de aplicación	Diseño del hogar, fotografía, diseño gráfico y uso industrial.
Soluciones	Capacidad de medición de alta precisión para varios casos de uso industrial y científico, lo cual es gran alternativa para evitar costosos equipos de medición de color.

Fuente: Loomatix (2018)

Anexo 26. Coordenadas de color identificadas por el aplicativo Color Grab para muestras de cáscara de huevo

<p>#E9B9A5 RGB: (233, 185, 165) HSV: (18°, 29%, 91%) Lab: (78.9, 14.5, 16.7)</p> <p>H = 18° S = 29% V = 91%</p> <p>no matched code</p>	<p>#C7A086 RGB: (199, 160, 134) HSV: (24°, 33%, 78%) Lab: (68.8, 10.7, 19.0)</p> <p>H = 24° S = 33% V = 78%</p> <p>~RAL 3012</p>	<p>#CBA289 RGB: (200, 162, 137) HSV: (24°, 32%, 78%) Lab: (69.4, 10.4, 18.3)</p> <p>H = 24° S = 32% V = 78%</p> <p>~RAL 3012</p>
1	2	3
<p>#D2AA94 RGB: (210, 170, 148) HSV: (21°, 30%, 82%) Lab: (72.6, 11.4, 16.9)</p> <p>H = 21° S = 30% V = 82%</p> <p>~RAL 3012</p>	<p>#CCAD98 RGB: (204, 173, 152) HSV: (24°, 25%, 80%) Lab: (72.9, 8.0, 15.0)</p> <p>H = 24° S = 25% V = 80%</p> <p>no matched code</p>	<p>#CC9579 RGB: (204, 149, 121) HSV: (20°, 41%, 80%) Lab: (66.3, 17.1, 22.9)</p> <p>H = 20° S = 41% V = 80%</p> <p>~RAL 3012</p>
4	5	6
<p>#EBD1C7 RGB: (235, 209, 199) HSV: (17°, 15%, 92%) Lab: (85.7, 7.4, 8.3)</p> <p>H = 17° S = 15% V = 92%</p> <p>~RAL 7035</p>	<p>#D3B8AC RGB: (211, 184, 172) HSV: (18°, 18%, 83%) Lab: (76.7, 7.7, 9.6)</p> <p>H = 18° S = 18% V = 83%</p> <p>~RAL 7044</p>	<p>#C79072 RGB: (199, 144, 114) HSV: (21°, 43%, 78%) Lab: (64.4, 17.1, 24.2)</p> <p>H = 21° S = 43% V = 78%</p> <p>~RAL 3012</p>
7	8	9
<p>#DBB39D RGB: (219, 179, 157) HSV: (21°, 28%, 86%) Lab: (75.9, 11.3, 16.7)</p> <p>H = 21° S = 28% V = 86%</p> <p>no matched code</p>	<p>#CCA48C RGB: (204, 164, 140) HSV: (23°, 31%, 80%) Lab: (70.4, 11.3, 18.0)</p> <p>H = 23° S = 31% V = 80%</p> <p>~RAL 3012</p>	<p>#C08C72 RGB: (192, 140, 114) HSV: (20°, 41%, 75%) Lab: (62.7, 16.4, 21.7)</p> <p>H = 20° S = 41% V = 75%</p> <p>~RAL 3012</p>
10	11	12

Anexo 27. Coordenadas de color determinados por el aplicativo Color Grab en tratamientos evaluados

<p>#E0E0E0 RGB: (224, 224, 224) HSV: (0°, 0%, 88%) Lab: (89.2, 0.0, 0.0)</p> <p>H = 0° S = 0% V = 88%</p> <p>~RAL 7035</p>	<p>#DEDEDE RGB: (222, 222, 222) HSV: (0°, 0%, 87%) Lab: (88.5, 0.0, 0.0)</p> <p>H = 0° S = 0% V = 87%</p> <p>~RAL 7035</p>	<p>#F0F0EF RGB: (240, 240, 239) HSV: (60°, 0%, 94%) Lab: (94.8, -0.2, 0.5)</p> <p>H = 60° S = 0% V = 94%</p> <p>RAL 9003</p>
A1	A2	A3
<p>#F9F8F8 RGB: (249, 248, 248) HSV: (0°, 0%, 98%) Lab: (97.7, 0.3, 0.1)</p> <p>H = 0° S = 0% V = 98%</p> <p>RAL 9016</p>	<p>#F2F2F2 RGB: (242, 242, 242) HSV: (0°, 0%, 95%) Lab: (95.5, 0.0, 0.0)</p> <p>H = 0° S = 0% V = 95%</p> <p>RAL 9003</p>	<p>#F1EFF0 RGB: (241, 239, 240) HSV: (330°, 1%, 95%) Lab: (94.6, 0.8, -0.2)</p> <p>H = 330° S = 1% V = 95%</p> <p>~RAL 9003</p>
B1	B2	B3
<p>#EDEBEA RGB: (237, 235, 234) HSV: (20°, 1%, 93%) Lab: (93.2, 0.5, 0.7)</p> <p>H = 20° S = 1% V = 93%</p> <p>~RAL 9003</p>	<p>#F1EDEB RGB: (241, 237, 235) HSV: (20°, 2%, 95%) Lab: (94.0, 1.0, 1.4)</p> <p>H = 20° S = 2% V = 95%</p> <p>~RAL 9003</p>	<p>#E9E6E5 RGB: (233, 230, 229) HSV: (15°, 2%, 91%) Lab: (91.5, 0.8, 0.8)</p> <p>H = 15° S = 2% V = 91%</p> <p>~RAL 9003</p>
C1	C2	C3

Anexo 28. Mediciones de viscosidad realizadas con el Viscosímetro Rotativo marca Quimis


Formulación	A	B	C
Medidas de Viscosidad (Pa.s)	10.29	5.79	3.83
	10.20	5.79	3.83
	10.15	5.78	3.81
	10.08	5.78	3.76
	10.02	5.75	3.75
	10.00	5.75	3.71
	9.96	5.71	3.71
	9.96	5.70	3.69
	9.91	5.70	3.69

Anexo 29. Foto del investigador en el Laboratorio de Analítica-UNMSM



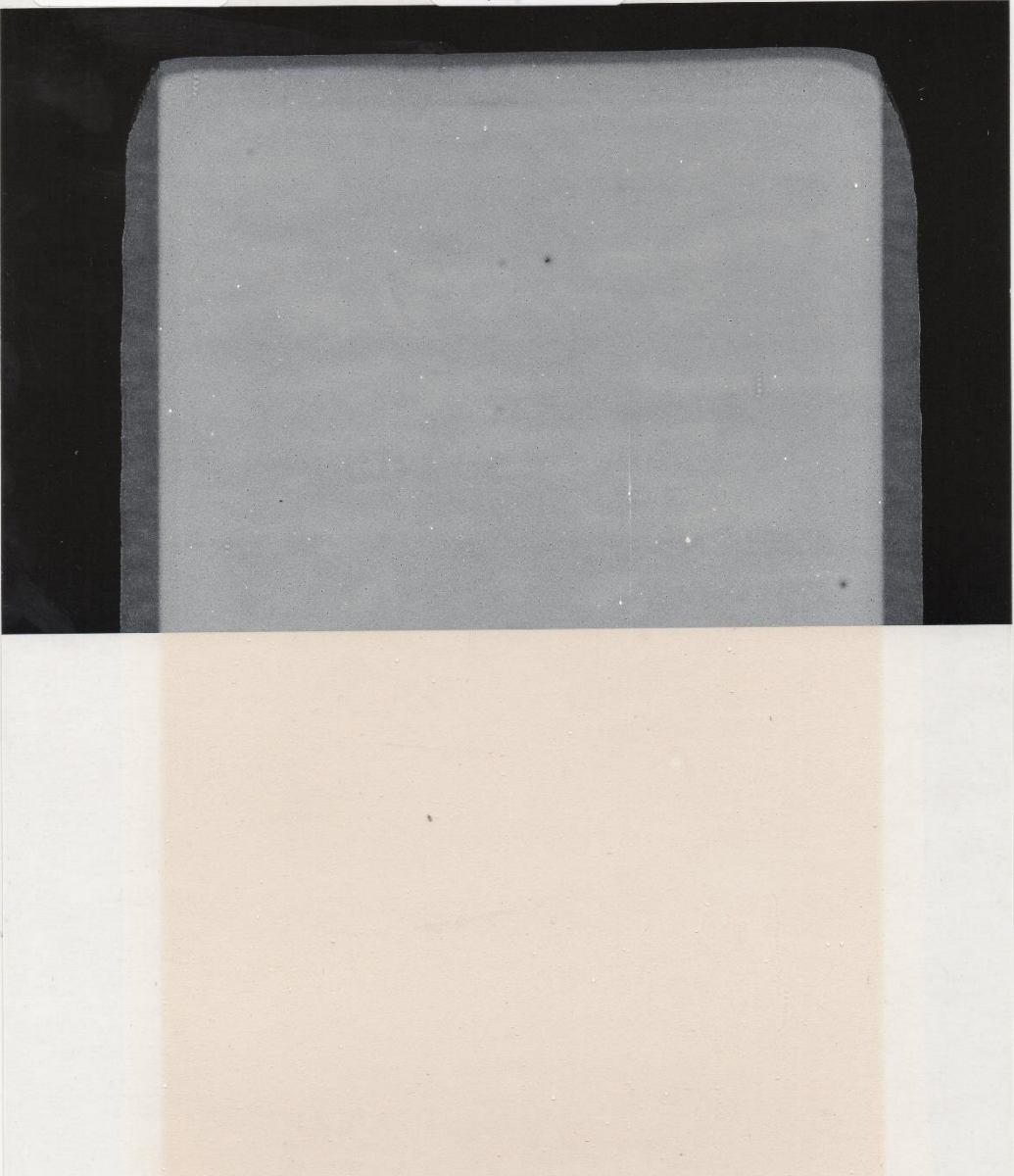
Anexo 30. Cartilla de evaluación utilizada para determinar el poder cubriente

Pinturas ECOCOLOR		Date <u>19/01/18</u>	Time
Formula:			Aplicator
Batch No.		MUESTRA	
Notes		B - 2	
BGD 1105	BATCH	RC: 86.3	STANDARD



Anexo 31. Cartilla de evaluación utilizada para determinar el tiempo de secado

Pinturas ECOCOLOR		Date	Time
Formula		Aplicator	
HORA INICIO: 12:29	MUESTRA		
HORA FINAL: 14:20	C - 2		
BGD 1105	BATCH	1h 51min	STANDARD



Anexo 32. Molino eléctrico Y800



Anexo 33. Informe de resultados de tiempo de secado y poder cubriente



CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 01-01-2018

Cliente : Pedro Burga Jacobi
Producto : Pintura Látex
Número de muestras : 03 muestras
Fecha de recepción de la muestra : 18.01.2018
Fecha de inicio de análisis : 19.01.2018
Fecha de termino de análisis : 19.01.2018

Tiempo de secado

Muestra	N° ensayo	Tiempo(min)
A	1	105
	2	109
	3	111
B	1	108
	2	108
	3	107
C	1	112
	2	111
	3	107

- El ensayo se realizó de acuerdo a la **NTP 319.012:2016: Método normalizado para secado, curado o formación de película de recubrimientos orgánicos.**
- El secado se realizó a la temperatura de 25°C y humedad relativa de 57%.
- Se utilizó un aplicador automático(figura 1) y el espesor de película húmeda aplicada fue de 175 µm.



Figura 1

Poder cubriente

Muestra	N° ensayo	Cubrimiento %
A	1	96.6
	2	96.6
	3	96.5
B	1	86.5
	2	86.3
	3	86.3
C	1	53.3
	2	53.1
	3	53.5

- El ensayo se realizó de acuerdo a la **NTP-ISO 6504-1:2011: Determinación del poder cubriente**.
- Se utilizó un aplicador automático y el espesor de película húmeda aplicada fue de 175 μm .

Anexo 34. Ficha técnica del espesante utilizado en la formulación de tratamientos



**MATERIAL SAFETY
DATA SHEET**

Fenchem Biotek Ltd.

Tel: 0086-25-84218888

Fax: 0086-25-84574987

E-mail: sales@fenchem.com

www.fenchemcn.com

Product name: Hydroxyethyl cellulose

****** SECTION 1 - CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION ******

MSDS Name:

Hydroxyethyl cellulose

Company Identification: Fenchem Biotek Ltd.

No.359 Hongwu road, Nanjing China

For emergencies Call : 86-25-84572922

****** SECTION 2 - COMPOSITION, INFORMATION ON INGREDIENTS ******

CAS#: 900 4-62-0

Chemical Name: Hydroxyethyl cellulose

Content %: 100 %

EINECS#: unlisted

Hazard Symbols: None listed

Risk Phrases: None listed

****** SECTION 9 - PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES ******

Boiling Point : N/A Color: WHITE TO BEIGE

Specific Gravity: 1.33 Odor: NONE

Vapor Pressure: N/A Appearance: POWDER

Percent Volatility: 0 pH:

Anexo 35. Ficha técnica del dióxido de titanio utilizado en la formulación de tratamientos

DIOXIDO DE TITANIO

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

enero de 2017
VERSIÓN: 4

SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Polvo cristalino.
Color:	Blanco.
Olor:	Inodoro.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	6 - 7
Punto de fusión / de congelación:	1843°C (3349°F)
Punto / intervalo de ebullición:	3000°C (5432°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/D
Límites de inflamabilidad:	N/D
Presión de vapor (20°C):	N/D
Densidad de vapor (aire=1):	N/D
Densidad (20°C):	3,4 - 4,3 g/cm³
Solubilidad (20°C):	Insoluble en agua, álcalis, ácidos diluidos y disolventes orgánicos.
Coef. de reparto (logK _{ow}):	N/D
Temperatura de autoignición:	N/D
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/D
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log Koc:	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

9.2 Información adicional

Otras propiedades:	Tamaño de partícula primario: 0,15 - 0,40 µm
--------------------	--

SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1 Reactividad

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. No es corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

Anexo 36. Ficha técnica de la resina utilizada en la formulación



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO DE:



Acronal 296 D sa

Propiedades			
Especificaciones del producto	Contenido en sólidos (ISO 1625, DIN 53189)	%	50±1
	pH (ISO 976)		7,5 – 9,0
	Viscosidad a 23 °C	mPa · s	6000 – 12000
	Spindle 20 RPM		
Propiedades de la dispersión	<p>El Acronal 296 D sa es una dispersión de partículas finas, de mediana viscosidad.</p> <p>La compatibilidad con las cargas y el poder ligante para pigmentos de esta dispersión son excelentes. La película no pigmentada presenta, a la temperatura ambiente, una superficie no pegajosa; dicha película es límpida, transparente, brillante, flexible y extraordinariamente sólida al agua y a la saponificación.</p>		
Otras propiedades de la dispersión	Temperatura mínima de formación de película (ISO 2115, DIN 53787)	°C	aprox. 20
	Diámetro medio de las partículas	µm	aprox. 0,1
	Densidad (ISO 2811)	g/cm ³	aprox.
	Sensibilidad a las heladas	°C	1,04 < 0
	Tipo de dispersión	aniónica	
Propiedades de la película	Densidad aparente (ISO 1183, DIN 53479)	g/cm ³	aprox. 1,08
	Absorción de agua después de 24 h de inmersión en agua (ISO 62, DIN 53495)	%	aprox. 10
	Fuerza de rotura (basándose en ISO 1184, DIN 53455)	N/mm ²	aprox. 7
	Dilatación de rotura (basándose en ISO 1184, DIN 53455)	%	aprox. 500

Aplicación	
<p>Ligante de empleo universal, preferentemente para pinturas para fachadas pinturas para interiores enlucidos plásticos protección del hormigón imprimaciones para sustratos minerales masillas espátulares modificación de pinturas y enlucidos a base de silicato potástico</p> <p>La fabricación de pinturas plásticas se realiza de la forma usual con ayuda de un agitador rápido, p. ej. un dissolver. Para ello es recomendable dispersar primeramente, en medio alcalino, los pigmentos y cargas en presencia de dispersantes y humectantes, tales como Dispersante para pigmentos A ó N y polifosfatos hidrosolubles. Cuando se fabriquen productos muy viscosos, como p. ej. enlucidos plásticos o masillas espátulares, en equipos mezcladores de marcha lenta, se deberá poner primeramente la dispersión junto con los auxiliares. Indicaciones complementarias al respecto figuran en nuestra publicación "Acronal 290 D y los dispersantes y humectantes".</p>	

2

Web : www.lider-quim.com
Mail : ventas@lider-quim.com
Tel : (01) 529-0232 / 998 196 099
Dir : Cal. Las Fraguas 331 Naranjal S.M.P

Anexo 37. Ficha técnica de la pintura patrón marca TAMSA



FICHA TECNICA LATEX TAMSA COLOR

DESCRIPCIÓN:

Es una pintura alta calidad, de acabado mate y textura fina, formulado a base de látex vinil-acrílico y pigmentos de alta resistencia a la luz y a la intemperie, posee un excelente poder cubridor. Debido al gran porcentaje de resina que lleva esta pintura es lavable después de 15 días de pintado, y tiene una excelente textura fina.

Se ofrece en una amplia gama de colores intermezclables entre sí para pintar en interiores y exteriores

USOS

Para el pintado de interiores y exteriores en superficie de concreto y madera.

CARACTERÍSTICAS

- Vehículo : Emulsión vinil-acrílico
- Acabado : Mate
- Viscosidad : 115-120 KU a 25 °C.
- Peso específico : 1.50 – 1.60
- Color : Amplia Gama.
- N° de componentes : Uno
- Mecanismo de curado: Coalescencia y Evaporación
- Dilución : Diluir en caso necesario con un 20% -25% de agua, el exceso causará chorreamiento.
- Rendimiento : 45 - 50 / mano / balde de 4 litros.
- Aplicación : Brocha, Rodillo o Soplete
- Tiempo de secado : 30 minutos
- Repintado : 06 horas.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE:

La superficie a pintar debe estar limpia de grasa, polvo o cualquier sustancia contaminante. Lijar suavemente eliminando el polvillo, en caso de repintado sobre esmalte lije la superficie hasta opacar el brillo.

Sobre superficies de cemento, yeso o ladrillo, se debe utilizar primero Pasta Mural TAMSA para rellenar los poros de las superficies ásperas o resanar grietas pequeñas. En todo caso en paredes nuevas se debe utilizar TEMPLE o IMPRIMANTE y luego SELLADOR DE PARED TAMSA como capa previa al LATEX TAMSA COLOR.

PRESENTACION:

Envase de plástico de 20 litros y 4 litros.

Jhomeron S.A.C.

Av. Santa Ana Lt. 44 - Chacra Cerro Chillón - Comas
Telfs.: 719-1560 / 719-1285 / 536-4214 Fax: 719-1284 / 719-1285

JHOMERON S.A.C.
RUC. 20537083159

Maria Roxana Zuanibar Zevallos
INGENIERO QUIMICO
DNI. N° 00149885

Anexo 38. Encuesta desarrollada para evaluación de paneles en el sustrato

ENCUESTA

Nombre:
Edad:
Sexo:

Se puede observar 3 paneles de pintura látex con 3 formulaciones diferentes. En base a su criterio responda las siguientes preguntas, considerando que esta pared fue pintada hace 45 días.

1. Te comento que una(s) de las pinturas incluyó cáscara de huevo molida y tratada en su formulación. ¿Qué panel(es) crees que contienen una pintura látex formulada con cáscara de huevo?

Sólo A	A y B
Sólo B	C y A
Sólo C	B y C

2. ¿Por qué crees que contiene(n) cáscara de huevo?

Por su color
Por su textura
Por su apariencia
N/S

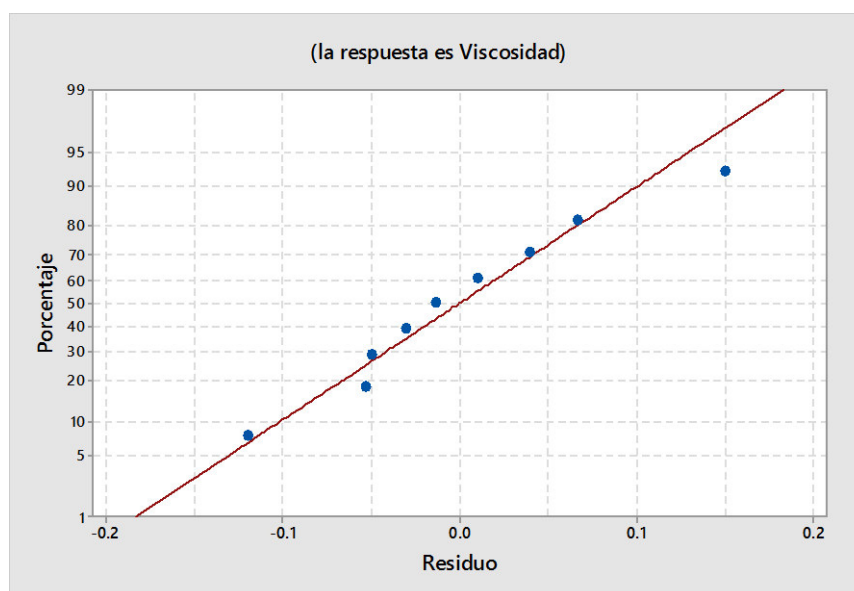
Te comento que aproximadamente en Lima se producen 18 mil toneladas de basura diariamente y que en el 2017 se generó cerca de 39 mil toneladas de cáscara de huevo. Una empresa española que trabaja con el aprovechamiento de este residuo estimo que se podrían evitar cerca de 3,72 toneladas CO₂/año, ahorro en el consumo de agua de más 23 millones de litros/año y; finalmente una optimización en el consumo de energía de más 4,6 millones kWh/año

Una vez conocido los beneficios, responde la siguiente pregunta?

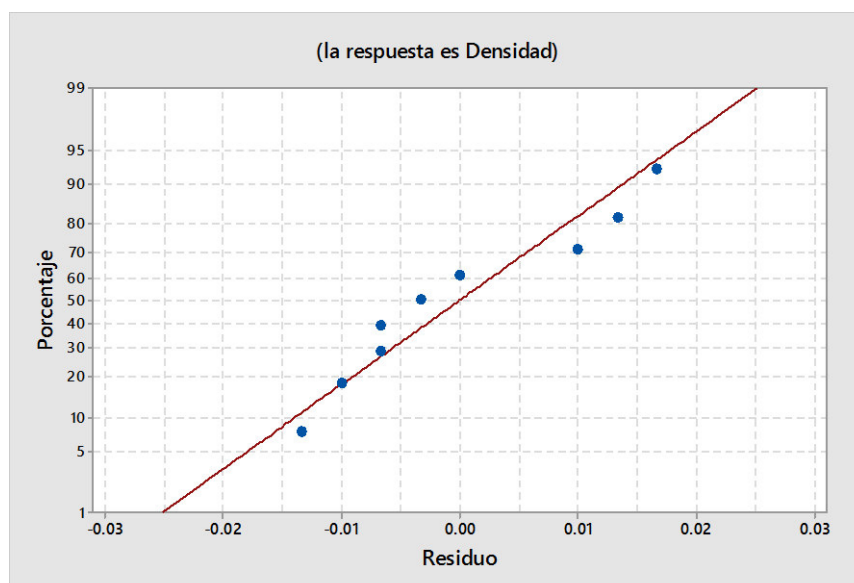
3. Si un fabricante de pintura mejorará la formulación hecha con cáscara de huevo. ¿Consideraría como posibilidad comprar el producto?

Si
No

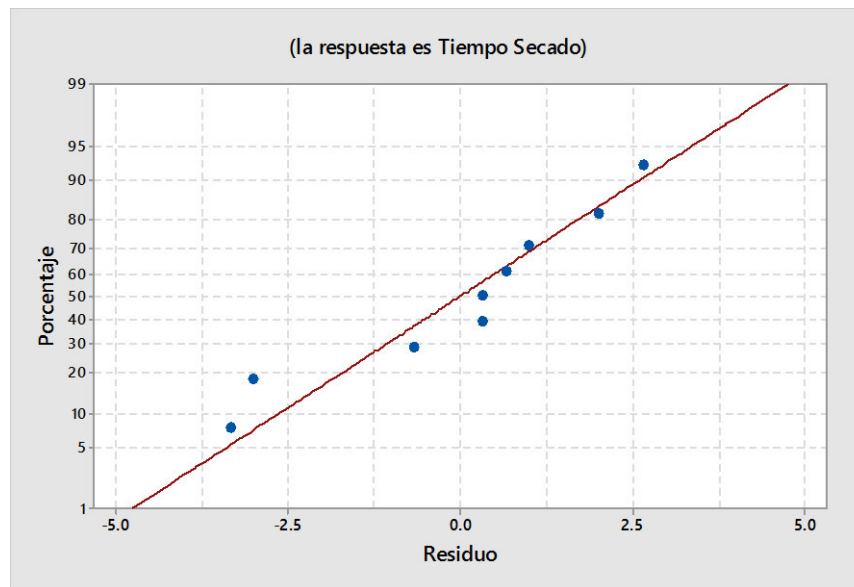
Anexo 39. Gráfico de probabilidad normal de los errores para viscosidad



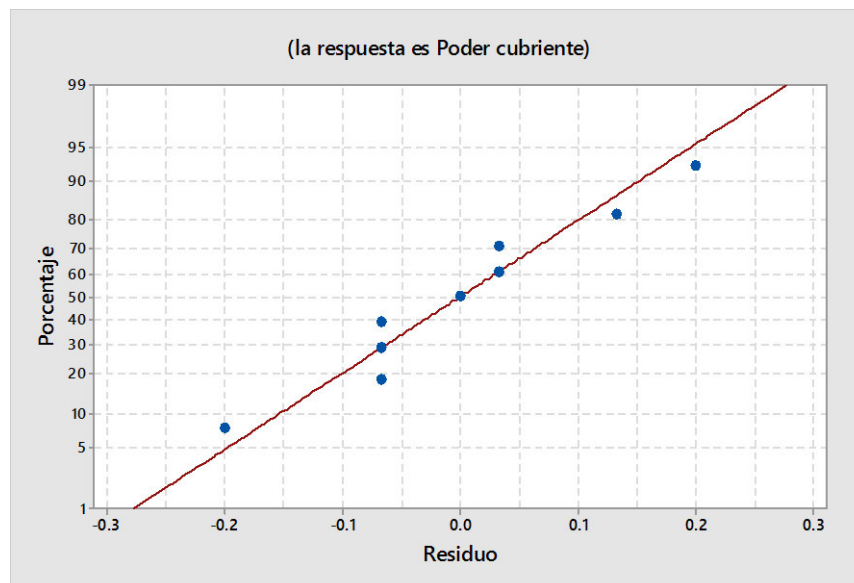
Anexo 40. Gráfico de probabilidad normal de los errores para densidad



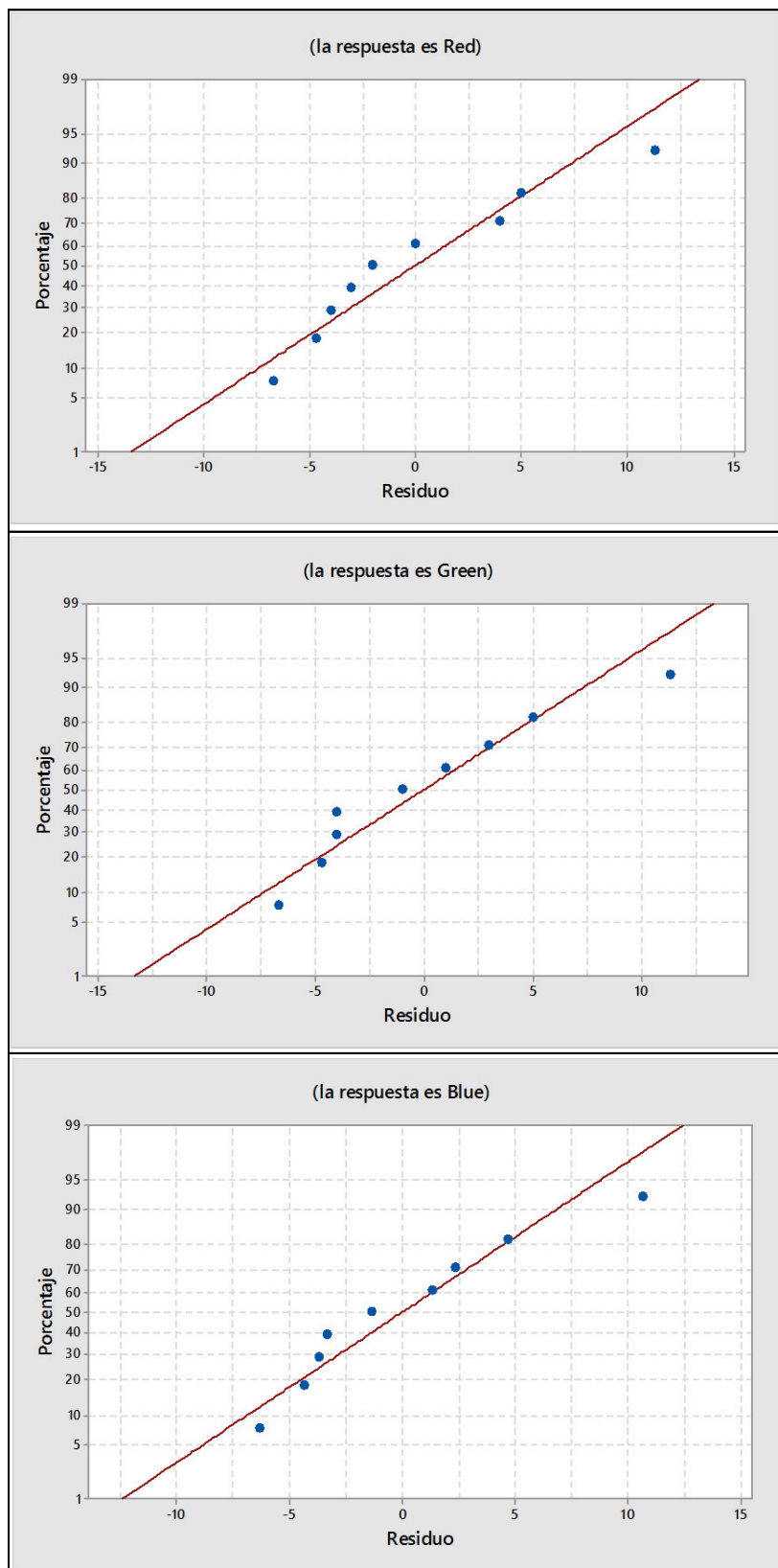
Anexo 41. Gráfico de probabilidad normal de los errores para el tiempo de secado



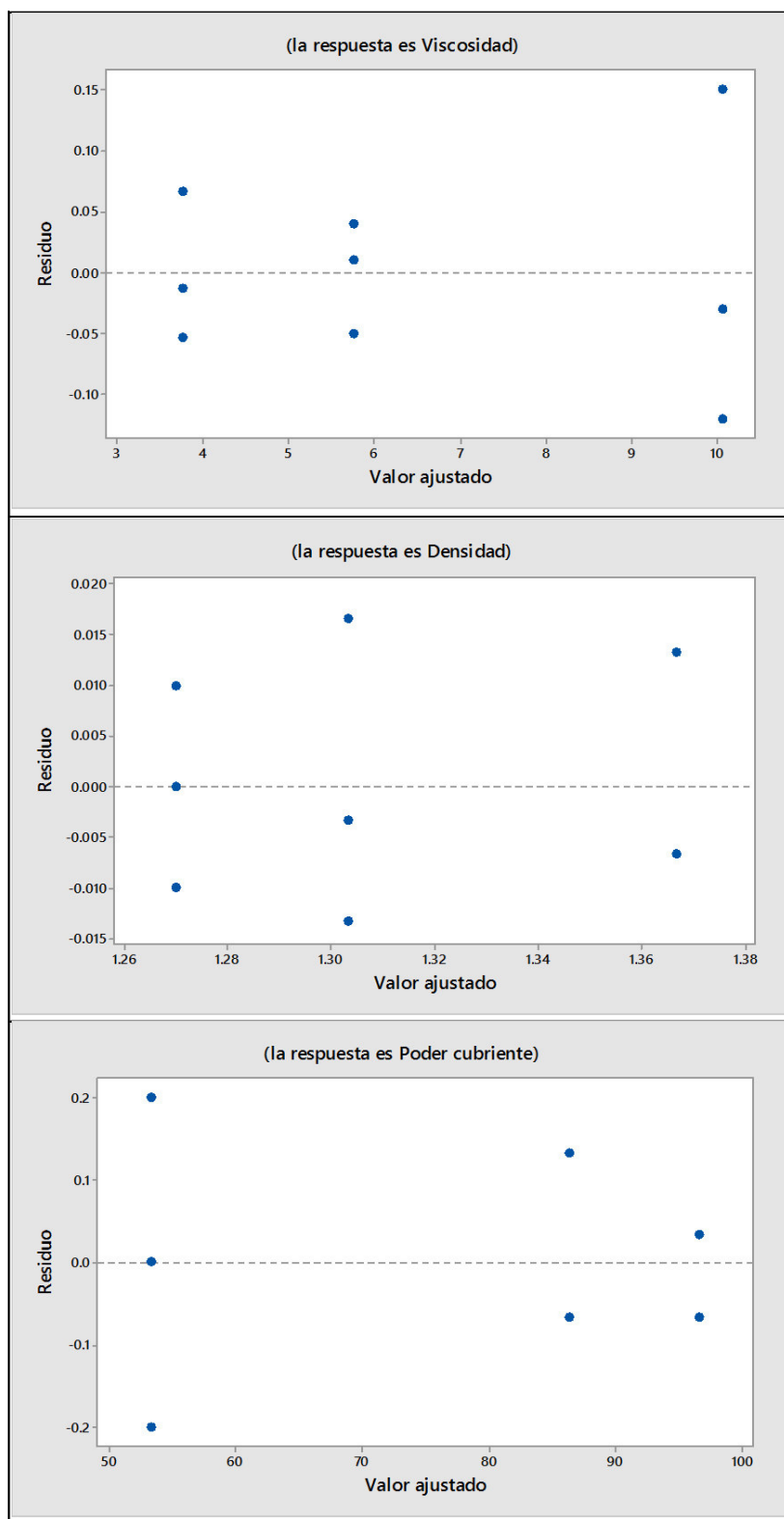
Anexo 42. Gráfico de probabilidad normal de los errores para el poder cubiente.



Anexo 43. Gráfico de probabilidad normal de los errores de R, G, B (color)



Anexo 44. Gráfico de errores vs estimados para verificación de supuestos de Anova



Anexo 45. Prueba de Bartlett de igualdad de varianzas para las variables respuestas

Variable respuesta	Estadístico de prueba	p valor
Viscosidad	2.18	0.337
Densidad	0.31	0.856
Tiempo de secado	3.38	0.185
Poder cubriente	2.18	0.336
Red	1.74	0.418
Green	1.88	0.390
Blue	2.07	0.335

Anexo 46. Estadísticos descriptivos de las variables respuesta.

Tratamiento	Viscosidad	Densidad	Tiempo de secado	Poder cubriente	Red	Green	Blue
A							
Repeticiones	3	3	3	3	3	3	3
Media	10.06	1.37	108.33	96.57	228.67	228.67	228.33
Des. Estándar	0.14	0.01	3.06	0.06	9.87	9.87	9.29
Mediana	10.03	1.36	109.00	96.60	224.00	224.00	224.00
B							
Repeticiones	3	3	3	3	3	3	3
Media	5.75	1.30	107.67	86.37	244.00	243.00	243.33
Des. Estándar	0.05	0.02	0.58	0.12	4.36	4.58	4.16
Mediana	5.76	1.30	108.00	86.30	242.00	242.00	242.00
C							
Repeticiones	3	3	3	3	3	3	3
Media	3.75	1.27	110.00	53.30	237.00	234.00	232.67
Des. Estándar	0.06	0.01	2.65	0.20	4.00	3.61	3.22
Mediana	3.74	1.27	111.00	53.30	237.00	235.00	234.00